疑問にこたえる

機械のエレクトロニクス ③

機械応用編

東芝自動化推進グループ
川井秀夫
石野宏
林保
塩野入好夫
深沢義人

技術評論社

¥1500

疑問にこたえる

機械のエレクトロニクス③

《機械応用編》

東芝自動化推進グループ著

川井秀夫

石野宏

林保

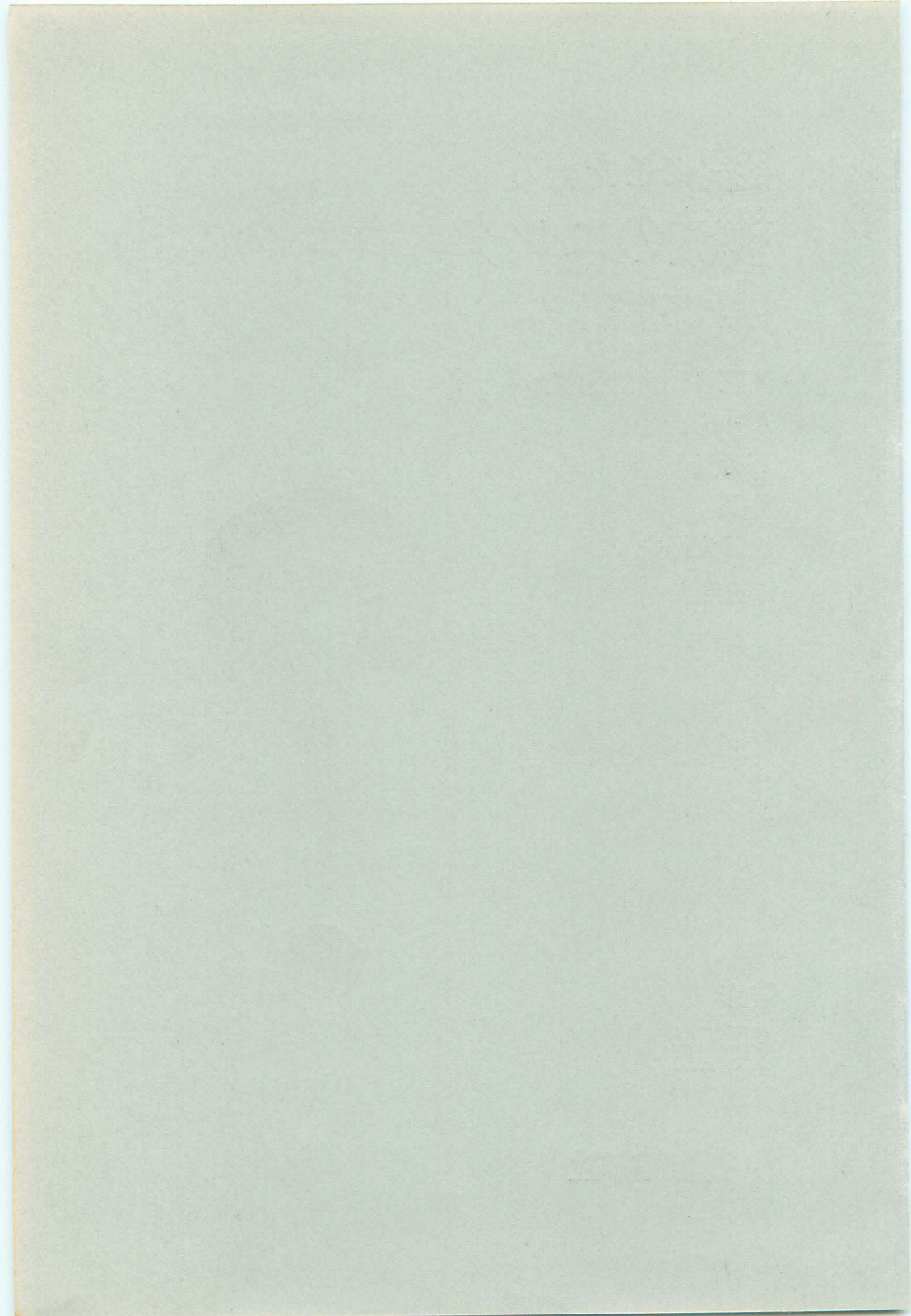
塩野入好夫

深沢義人

監修

梶原正弘

大庭喜三

技術評論社

監修者 序

わが国の製造工業発展の歴史をみるとき，生産技術の分野は，現在一つの分岐点に立たされているように思われます．

いままで，日本の製造工業は，多くの資源を消費し，あるいは豊富な労働力を利用して，現在の日本経済の中で高度な地位を築きあげてきました．

しかし昨今では，省資源，省力化，自動化，技術の高度化が叫ばれ，知識集約型業務の必然的拡大から，生産技術の見直しが行なわれようとしています．

すなわち，少い資源を有効に活用し，人手を要しない生産方式によって，高精度の製品を，より早く，より安く生産することが，厳しく求められるようになってきました．

やみくもな量的拡大の姿勢を転換しなければ，海外の製造工業に対しても，技術の勝利をかちとることができなくなり，将来の生産活動による経済の発展は望めないのは，誰の目にも明らかになりつつあります．

機械とエレクトロニクスが，腕と頭脳として，人手に変るためには，その基礎技術，応用技術の開発，発展に対し，今後もたゆみない努力を続けていかなければなりません．

すでに，機械については詳しいみなさんは，本書第一，二巻において，機械の頭脳ともいえる，エレクトロニクスの基礎と応用について，学んでこられました．

ここに著された第三巻は，エレクトロニクスの，機械への応用について，現在の技術の一端を紹介するものであり，読者の機械とエレクトロニクスの将来への飛躍のステップとして，学びとって頂きたく思います．

三巻を通じて執筆してきた筆者たちは，専門の電子技術者の目からみれば，エレクトロニクスの技術の面では，技術的幼児と思われるかも知れません．しかし，著者たちは，今後の生産技術の分野における，エレクトロニクスを通じての活躍に，大きな夢と希望をもっています．

ちなみに，執筆者たちは，この三巻の発行されている間にも，国内に，また海外にと，随所にその持てる技術を発揮し，自信をもって生産性の向上に努め成果を十二分にあげて，第一線に活躍しています．

この活躍をみていると，機械とエレクトロニクスの技術は，その両者の結合によって始めて，いままでなし得られなかった固有の技術として開花しているのがわかるのです．

エレクトロニクスの“わかる”機械技術者こそが，渇望されています．

読者諸氏も，本書を機会として，より高度な機械とエレクトロニクスの技術の開拓者へと飛躍し，生産技術の分野で活躍され，日本の製造工業の近代化をなしとげ，社会の発展に寄与されることを願って，第三巻の序といたします．

昭和49年9月

梶　原　正　弘

監修者

東芝・(電子) 生産技術部

部長 梶原正弘

東芝・生産技術研究所

自動化推進部 大庭喜三

執筆者 東芝・自動化推進グループ

東芝・(電子) 生産技術部

川井秀夫

(電子) トランジスタ工場

石野宏

(電子) 第一集積回路技術部

林保

(電子) 生産技術部

塩野入好夫

(電子) トランジスタ工場

深沢義人

疑問にこたえる機械のエレクトロニクス③
≪機械応用編≫

も　く　じ

第1話　機械と電子回路による制御装置

第2話　電子装置はいかに組立てるか

その1§ 実装の方法

その2§ 制御装置の組立て

その3§ 電子装置を組立てる上での注意

その4§ 機械のエレクトロニクス実際例

疑問にこたえる 機械のエレクトロニクス①

概　要

第1話　エレクトロニクスとは何か？

制御するもの，されるもの・電気回路のエレクトロニクス・電子回路のエレクトロニクス

第2話　いろいろな場での電子の働き

電子とは何か？・金属中の電子はどんな働きをするか？・真空中の電子はどんな働きをするか？・半導体中の電子はどんな働きをするか？

第3話　疑問にこたえるエレクトロニクスの電子部品

導体，半導体，絶縁体とは・エレクトロニクス部品を構成する導体材料・エレクトロニクス部品を構成する半導体材料

第4話　エレクトロニクスの電子部品のシンボルと働き

電装材料のシンボルと働き・機構部品のシンボルと働き・受動素子のシンボルと働き・能動素子のシンボルと働き

第5話　電気を見る！やさしい計器の使い方

指示計器の使い方・テスターの使い方・記録計の使い方・エレクトロニクスにかかせぬオシロスコープ

疑問にこたえる 機械のエレクトロニクス②

概　要

第1話　エレクトロニクス回路の働きをどのように理解するか

エレクトロニクス装置の設計図・エレクトロニクス回路図の構成・回路における部品機能の理解

第2話　エレクトロニクスの機械制御用，基礎回路

エレクトロニクスの電源回路・エレクトロニクスの論理回路・エレクトロニクスのパルス回路・エレクトロニクスの増幅回路・エレクトロニクスの発振回路

第3話　エレクトロニクスの機械制御用・応用回路

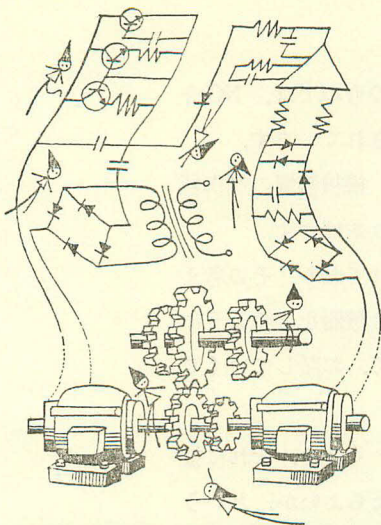
トランジスタと応用電子回路・ダイオードと応用電子回路・トランスデューサーと応用電子回路・ＳＣＲと応用電子回路・ＩＣと応用電子回路

ELECTRO-NICS

疑問にこたえる

機械のエレクトロニクス・3

≪機械応用編≫

才1話

機械と電子回路による制御装置

機械装置にエレクトロニクスを応用していくとき，電装完成品すなわち，エレクトロニクスによって組立てられた商品を利用して，それを使いこなしていくことが，完成までの時間の短縮，ローコスト化，アフターケア，装置の標準化に役立ちます．

また，こういう電装完成品は，メーカが十分に試験を行なっており，信頼性を保証し，応用分野を広くみつめて開発しており，機械屋が利用するとしても非常に便利にできています．

こうした電装完成品を利用していくうちに，知らずにエレクトロニクスの基本を理解していかれることでしょう．

ところで，この電装完成品には，数多くのものがあります．たとえば，CR時定数回路を利用して，RまたはCを可変設定できるようにしたエレクトリック限時継電器から，精度の高いパルスカウンターおよびプリセットが可能なパルス

制御の限時カウンターなど，さらに大型のものでは，NCや制御用コンピューターにいたるまで市販されています．

本章では，これらの広範囲な分野から，機械装置の制御器として利用しやすい完成品ユニットをとりあげます．

そして，それらがどのように組立てられており，その考え方はどうなっているのか，またこのような機器をどのようにしてうまく使いこなしたらよいかについて，お話していくことにいたします．

さらに，それらを機械装置と組合せていくとき，それに接続する電子回路と，どのように結びつけたらよいか，ということについて，詳しく述べてみたいと思います．

また，電装完成品と機械を接続するときに発生する困った問題，すなわち，タイミング，ノイズ対策，アクチュエーターと回路のインターフェイスなどについても，その解決策を説明しましょう．

機械技術者が，エレクトロニクスを学ぶときには，これらの電装完成品を利用することから始めるのが，実際に容易に扱えるので，よいのではないでしょうか．

これら電装完成品の内部の回路構成を，憶測しながら使っていくことが，電子回路の理解を早めるからです．

第1話 §その1 機械と電子回路の結びつけ

☞ 制御装置と機械を結びつける電気信号系を思い浮べてください．

そのとき，機械の側の状態を検出するセンサーや，機械に状態を与えるアクチュエーターと，制御装置側の電子制御用回路および，スイッチ，表示灯などの操作部品とを，どのように結びつけたらよいか，という問題がでてきます．

これには，各種の結びつけの方法があり，その組合せの工夫によって，単純な制御器ともなり，判断を行なえる生きた制御器ともなるのです．

ここでは，この結びつけの簡単な結合法から，より複雑な結合法へと話を進めていくことにしましょう．

1.1　制御装置の信号のみで働く機械

一つの機械装置といえども，これに接続される制御装置の回路の組立てられ方によって，単純簡潔な制御装置となる場合もあり，また，こりすぎた余分の回路の多い，すなわち働く機会の少ない回路機能をもった回路構成となる場合もでてきます．

これは，機械を作るとき，その制御装置についてまで考えに入れた機械であるかどうかによっても，大きな差がでてくるのです．

電子制御回路を理解している人の機械装置，あるいは，機械を理解している人の電子制御装置は，その設計法，製作法，保守点検法，修理法などの点で，

はっきりわかるものです.

それは，機械と電子回路の連けいに，ムダがなく，機械の動きにも無理がありません.

さて，ここで述べる制御装置は，まず，制御装置としては第1段階の，簡単なものです.

ところで，制御装置は，その段階が進んでいくと，機械側の確認信号をとりつつ進む制御の段階に入ります．そして，終局には，後で述べる「制御装置の信号のみで働く機械」，代表的な例では，NC旋盤のように，NCからの命令のみで働くような機械に戻ります.

すなわち，同じ「制御信号のみで働く機械」といっても，第1段階のものと最後のNC工作機械のようなものでは，大きな隔りがあります.

ここでは，第1段階の意味での，簡単な制御装置をとりあげましょう.

その制御装置は，要するに，制御盤または機械に取付いている操作押ボタンスイッチなどによって，機械のアクチュエーターが動作するものに限ることにします.

つまり，制御盤内で，信号の照合確認，計算，比較をするような機能はもっていないものです.

さて，こうした制御装置の信号で働く機械に取付けられるアクチュエーターは，一般には次のようなものがあります.

（A） 表示灯および照明用，投光用白熱電灯

（B） ソレノイドおよび電磁弁など

（C） 電動機

　a.　単相誘導電動機

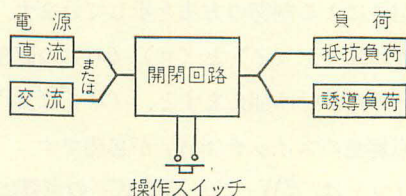
　b.　直流電動機

（D） 加熱用発熱抵抗体

この他にも，タイマー，リレー，パルスカウンターなどいろいろありますが電気特性からみれば，結局電源に対する負荷として，抵抗負荷か誘導負荷か，あるいは，直流用か交流用かの分類に大別できます.

また，これらのアクチュエーターの，制御装置側での操作スイッチは，現在使用する部品の電気特性の大小，つまり定格電圧および定格電流の大小はありますが，多くは接点の開閉信号により制御が行なわれています．

将来は，人の指の接触によって，内部の電気信号を発生させる無接点操作スイッチが利用されることも考えられますが，ここでは，これは除外して，接点信号を前提として話を進めていきます．

図 1.1　制御装置の信号のみで働く機械

「制御装置の信号のみで働く機械」では，アクチュエーターを駆動させる接点の開閉方法が，問題の中心となります．

こうした機械では，図 1.1 のようにして，電源と負荷の間に操作スイッチが設置されます．

そこで，ここでは，図中の開閉回路について，前記の各アクチュエーターごとに詳しく説明していきたいと思います．

■A　表示灯または，照明灯，投光用白熱電灯の点灯法

表示灯は，とくに電源表示に使われるものは，普通 A C100V または 200V が供給されます．

しかしそうでないものは，降圧用トランスを用いて，二次側に，6.3V，12V，18V，24V などの低電圧を供給して，低電圧白熱電球(ランプ)を点灯します．

最近の制御盤には，このランプのみをブラケットに納めて，それによって電子回路の動作状況を表示するものもありますが，ここでは，上記の定格電圧を有する交流用および直流用ランプの点灯法についてのみ述べることにいたします．

なお，ランプは，いうまでもなく抵抗負荷ですので，P L表示の箇所には，その他の抵抗負荷，たとえば，ニクロム線ヒーターなどの，前記 (D) の加熱

用発熱抵抗体を接続しても，電源トランスの二次側の電圧，電流の容量が十分でありさえすれば，その開閉方法はランプと同じように考えられます．

それでは，このような抵抗負荷の制御方法を述べていきましょう．

図1.2は，ＰＬなどの抵抗負荷に対して，交流電源が供給されるときの，接点信号による制御の方法を示しています．

この図で，（イ）と（ロ）（ハ）の回路の動作を考えてみてください．

念のため付け加えますと，（イ）は，PL_1 に流れる電流を断続するに十分な接点容量のスイッチ SW_1 が必要です．

（ロ）は，SW_2 が，$TRIAC_1$ の点弧に要する電流容量のものでよく，負荷 PL_2 の電流より少なくてすみます．

（ハ）は，DIAC と VR_1，C_1 を組合せることにより，VR_1 の設定によって任意の点弧角が設定でき，印加電圧すなわち明るさの加減ができます．

ところで，電源が投入されていることを示す電源表示灯の場合には，トランス T_1 の一次側にスイッチを設け，PL はトランスの二次側端子6.3V に直結するのが普通ですが，ここでは，シーケンス制御装置の操作スイッチの操作と関連させて，そのスイッチの接点を，表示回路の接点として SW_1～SW_2 を働かせる方法が，図1.2の各図に該当するものです．

図1.2　交流電源の場合の抵抗負荷の制御方法

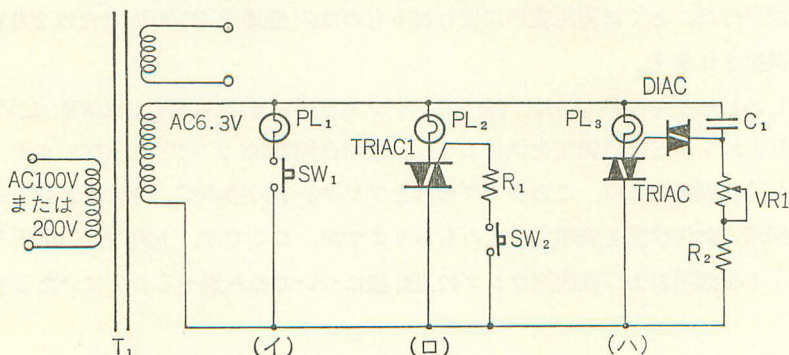



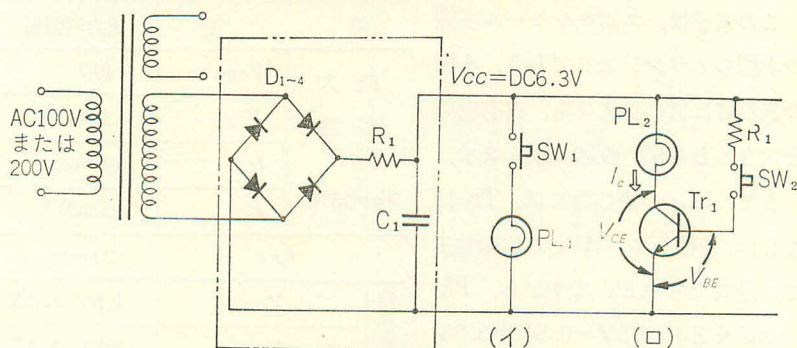
図 1.3　直流電源の場合の抵抗負荷の制御方法

さて，直流電源の場合は，どうでしょうか．

図1.3が，直流電源に対する抵抗負荷の開閉回路です．この図で，(イ)は交流電源のときの(イ)の回路と同じです．

(ロ)の回路の働きはどうでしょうか．この回路は，SW_2をONすると，トランジスタ Tr_1 のベースに，抵抗 R_1 を通してベース電流が流れ，このベース電流によってTr_1のコレクタ電流が流れ始め，表示灯 PL_2 が点灯する回路です．

そこで，試みに，この場合の各部品の選定をしてみましょう．

まず，表示灯 PL_2 は，定格電圧6.3V，定格電流 150mA が流れたとき，点灯表示するものとしましょう．

そうすると，この PL_2 は，定格電圧を印加したときには……

$$R=\frac{6.3\mathrm{V}}{150\mathrm{mA}}=420\Omega$$

……の抵抗値をもつことになります．

こうした条件から，トランジスタ Tr_1 の選択は，次のようになります．

PL_2 の点灯時に流れるコレクタ電流は，$Ic=150$mA，点灯していないときのエミッタ，コレクタ耐電圧は，$V_{CEO}=6.3$Vですから，それに十分耐えるNPNトランジスタを探すと，表1.1の特性をもつ 2SC367 があることがわかりま

す.

この素子は, エポキシモールド型の小型のトランジスタであり, 小型の表示灯に付け加えても, 占有空間を大きくとらず, 便利に使えます.

さて, PL_2 の点灯時には, Tr_1 は表1.1の特性から, V_{CE} の飽和電圧は, 最大でも 0.5V ですから, PL_2 には低くとも, 6.3V−0.5V=5.8V 以上は印加されています.

表1.1　2SC367 の特性

用途		電力増幅用
最大定格 Ta=25°C	V_{CBO}	40V
	V_{CEO}	20V
	I_C	400mA
	P_C	300mW
h_{FE}		30〜600
飽和電圧	V_{BE}	1.5V MAX
	V_{CE}	0.5V MAX

また, V_{BE} は, 最大でも1.5Vですから, 抵抗 R_1 は……

$$R_1=\frac{V_{CC}-V_{BE}}{I_C/h_{FE}}$$

……と決めます. h_{FE} は, 素子により30〜600の範囲にありますので, 使用した素子が, $h_{FE}=100$であったとすれば……

$$R_1=\frac{6.3-1.5}{150\times10^{-3}/100}=3.2\mathrm{k}\Omega$$

……となります. しかし, 多くの素子から, h_{FE} の保証される最低値 $h_{FE}=30$ の素子が取付けられる場合もあります. このときは……

$$I_C=\frac{6.3-1.5}{3.2\times10^3/30}=45\mathrm{mA}$$

……しか流れず, 表示灯はうすく点灯する状態となるでしょう. ですから, 素子の特性に h_{FE} の幅が指定されているときで, とくにほかの条件がないときには, その最低値で設計しておくとよく, 図1.3(ロ)の場合には, $h_{FE}=30$ として……

$$R_1=\frac{6.3-1.5}{150\times10^{-3}/30}=0.96\mathrm{k}\Omega\fallingdotseq1\mathrm{k}\Omega$$

……としておきます.

ところで，このとき SW_2 に流れる電流（ベース電流I_B）は……

$$I_B=\frac{6.3-1.5}{1\times10^3}=4.8\,\mathrm{mA}$$

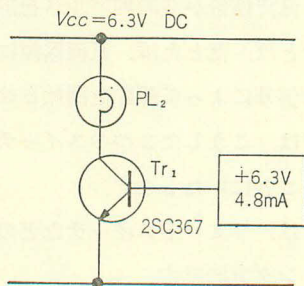
………です．

すなわち，図1.4 のように，6.3V，4.8mA を供給しうる他の回路があれば，必ずしも図1.3（ロ）の回路でなくても，この6.3V，150mAの定格の表示灯を点灯することはできるのです．

図1.4　代替回路も可能

ところで，トランジスタ Tr_1 の消費電力 P_C は……

$P_C=I_C\times V_{CE}=150\times10^{-3}\times0.5=75\,\mathrm{mW}<300\,\mathrm{mW}$

……です．またこれは，雰囲気温度 $T_a=25°\mathrm{C}$ であれば耐えることができます．

B　ソレノイドおよび電磁弁などのスイッチング

ソレノイドとか電磁弁などの誘導負荷にも，交流電源用の製品と直流電源用の製品があります．

これらは，抵抗負荷ではなく，誘導負荷なので，第1巻などで述べてきましたように，「通電開始時の突入電流」と「通電断時の逆誘起電圧」に対する配慮が必要になる，ということが抵抗負荷と異なるところです．

(i)　交流電源用誘導負荷のスイッチング

交流用誘導負荷のスイッチングは，すでに述べた交流用抵抗負荷のスイッチングと基本的には変りはありません．スイッチング素子として，SCR や TRIAC を使用します．

そこで，SCR や TRIAC のゲートトリガー信号は，どのようになるかというと，電磁バルブなどの駆動を考えてみると，普通こうした駆動電源から同期パルスをとり出す場合と，直流信号から同期パルスをとり出す場合に分けられ

るでしょう．

アクチュエーターの駆動電源から同期パルスをとり出す場合とは，たとえば，操作スイッチとか機械装置に取付けたリミットスイッチなどの接点スイッチによって，駆動を開始させる場合が考えられます．

また，直流信号から同期パルスを取出して，交流用誘導負荷をスイッチングする場合とは，たとえば，直流電源によって制御されている制御用論理回路からの出力信号によって駆動を開始させる場合が想定できるでしょう．

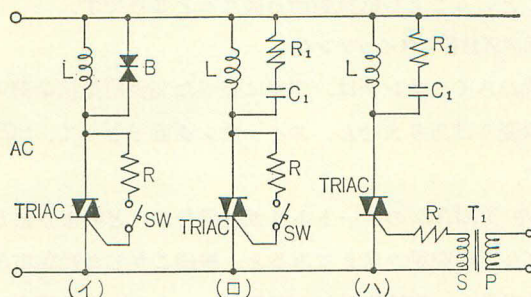
それでは，こうした2つのスイッチング方法について，具体例をあげて説明していくことにいたします．

図1.5 は，リミットスイッチなどの接点スイッチによるアクチュエーターのスイッチング方法です．

図中の(イ)は，誘導負荷Lに印加されるＡＣ電源と同期して，トライアックのゲート信号を，スイッチＳＷを通して与えます．すなわち，ＡＣ電源電圧が，ＯＶより正弦波形で立上り始めたとき，誘導負荷Ｌ，抵抗 R を通して，トライアックのゲートに電圧が印加され，そこでトライアックは導通することになりますから，電源電圧波形に近い電圧が負荷Ｌに印加されるのです．

ところで，この負荷Ｌに並列に接続されたＢはバリスタで，誘導負荷Ｌの電源が OFF されるときに発生する逆誘起電圧を消去させるものです．

図の(ロ)は，バリスタのかわりに抵抗R，コンデンサーCによってサージを

図1.5　交流誘導負荷のスイッチング法

吸収させる例です．

この場合，正規にはLの値によって R_1 およびC_1値を選ぶわけですが，通常 $R_1=200\sim500\Omega$，$C_1=0.1\sim0.5\mu F$ が使われます．

この回路は，直流回路のリレーの接点によって，トライアックを点弧する場合の基本例です．

さて，(ハ)の回路は，トランスT_1の巻線によって入力信号を絶縁し，パルス信号伝達によってトライアックを点弧する場合の基本例です．

つまり，ゲートトリガー信号を，トランス T_1 を介して与える回路です．トランスの一次側（P）に与える信号は，AC正弦波形であっても，パルス信号でもかまいません．

この回路は，負荷を駆動させる電源と，ゲート信号を発生させる回路が，トランスによって絶縁されているところに特徴があります．

なぜこのような例をあげたかというと，負荷Lは交流電源であり，点弧回路は実際には通常直流電源で組立てられるからなのです．

つまり，この図のように，ゲート回路と負荷Lの電源回路とは，絶縁して回路を接続すれば，問題がおこらないのです．

さてこの回路は，電源電圧波形の正弦波形の位相に対して，時間の遅れのない正弦波信号を，トランス T_1 のP側に印加したり，T_1 のP側に正弦波形の位相と同期したパルス信号を与えて，パルスの印加したときに，正弦波電圧が負荷Lに印加されるようにして使用する，ということになります．

この図で，ゲートに直列に接続されている抵抗Rは，限流器であり，通常，500Ωぐらいが使われます．

また，これらの回路（イ）～（ハ）においては，突入電流に対する配慮として，TRIAC 素子の選択時に，I_{Surge} 特性が十分のものを選ぶのはいうまでもありません．

さて，次に直流信号からの同期パルスによって，交流誘導負荷をスイッチングする方法を考えてみたいと思います．

この方法は，図1.5（ハ）で述べた方法のわけですが，ここでさらに，トラン

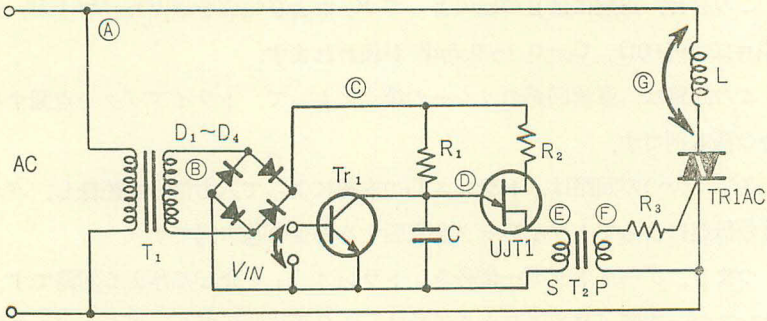
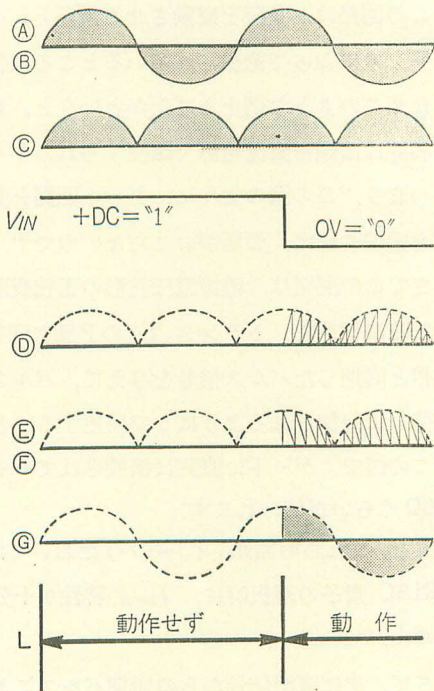
図1.6　交流誘導負荷を直流入力信号によって駆動させる基本回路

スへの入力の方法について，説明を展開していきましょう．

図1.6 をみてください．

この回路が，交流駆動電源に対する直流入力信号によるＴＲＩＡＣのゲートトリガーの方式です．

この図で，T_2 より入力する部分は，図1.5(ハ)とまったく同じです．

さて，V_{IN} は，負荷Ｌを動作させる直流入力信号用の端子です．ここよりトランジスタのベースに＋ＤＣ電圧が印加されると，Tr_1 は導通状態となり，その結果コンデンサーＣの両端電圧は，Tr_1 の $V_{CE(SAT)}$ の，低い電圧以上には蓄電されなくなります．

図1.7　上図の各点の電圧波形

ここで，図1.7の V_{IN} 波形に示されるように，V_{IN}＝０Ｖとすると，Tr_1はカットオフされて，コンデンサーＣの両端は，ＡＣ電源に同期した電圧となり，ＵＪＴによるパルスが，トランス T_2 の一次側（Ｐ側）に発生し，TRIAC を動作させます．

図の各点の動作状態を示す電圧波形を図1.7にあげました．この図からも，直流入力信号 V_{IN} の "1" レベルでは負荷は動作せず，"0" レベルで動作することがわかります．

ところで，この回路では，R_1，C の時定数は，電源の半周期（50Hz：10m sec，60Hz：８m sec）より十分小さい値としなければなりません．たとえば R_1=1kΩ，C＝0.1μF を使います．

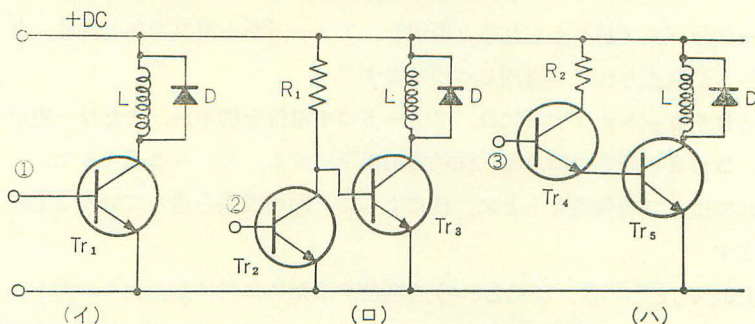
（ii）直流電源用誘導負荷のスイッチング

この場合のスイッチング素子としては，トランジスタあるいはＳＣＲを使用します．

ただし，直流電源を使用している場合には，通常は入力信号としては，直流信号を用いてスイッチ回路を駆動させる場合が多く，直流電源用負荷に対して交流信号でスイッチングすることはまれです．

したがって，直流電源用負荷のスイッチングには，多くの場合トランジスタが使われるのです．

さて，図1.8に，トランジスタを使用する３つの回路例を示しました．

図1.8 トランジスタを使用した直流電源用誘導負荷のスイッチング

この図で，(イ)は，入力信号であるベース電流によって，負荷Lを動作させるに十分なコレクタ電流を流し得るときに使います．

(ハ)も(イ)と同じですが，ただ，入力信号であるベース電流が負荷Lを駆動させるには小さすぎるときに使います．

つまり，抵抗R_2を介してトランジスタTr_4のコレクタ電流が，Tr_5のベース電流となるので，トランジスタTr_5のコレクタ電流は，トランジスタTr_4のベース電流に対し，(イ)の場合より増幅率を大きくとれるわけです．

(ロ)は，入力信号端子が0Vのとき，負荷Lが動作するもので，(イ)，(ハ)とは逆用途に使用する例です．

ところで，負荷Lに並列に接続されているDは，逆誘起電圧消去用のダイオードです．

さて，直流電源用誘動負荷のスイッチングには，SCRはあまり使わない，といいましたが，しかし，たとえば2つの負荷に対して選択動作をさせるときなどには大変便利なものとなります．

これは，SCRによるフリップフロップ回路で，これについては，第2巻226頁に詳しくお話しました．

ここでもう一度，詳しく学びなおしてみたいと思います．

次頁図1.9は，直流入力電圧パルスによって，負荷Lをスイッチングさせる方法です．

ところで，SCRは，アノードがカソードに対し，＋電位であるとき，ゲートに＋信号パルスが与えられると導通し，アノードが＋電位である間は，ゲートパルスが除去されても導通しつづけます．

SCRをカットオフするには，アノードの＋電位を切るか，または－電位にして，SCRの順方向電流を，保持電流以下にする，ということでした．

それでは，この知識をもとに，例によって，図の回路を追っていくことにいたします．

図1.9(イ)と(ロ)は，(ハ)と(ニ)を理解するために付け加えたものです．まず(イ)によって，また第2巻226頁によって，コンデンサーC_1の働きを理解

してください．

（イ）において＋ＤＣＶが印加されると，コンデンサーC_1は，スイッチＳＷの接点１側，すなわちV_{C1}がＯＶ電位であり，接点２側，すなわちV_{C2}が，＋ＤＣの電圧に充電されます．

図1.9　ＳＣＲによるスイッチング

ここまでは，図1.10のＣ―１の区間のように，各点は動作しています．

さて，R_1, C_1の時定数による一定時間後，充電が完了したところで，ＳＷをＣ―２側にしたとします．

図1.10　上図各点の動作

そうすると，こんどは図1.10のＣ―２区間のように変化します．

ここで，I_{R1}，I_{R2}は，抵抗R_1およびR_2を流れる電流であることはいうまでもありません．

さて，こんどは，（イ）のＳＷを（ロ）のように，SCR_1，SCR_2におきかえてみるとどうでしょうか．

各ＳＣＲのアノード側の電位変化は，図1.10のV_{C1}，V_{C2}とほぼ同じになります．

正確には，このV_{C1}，V_{C2}のＯＶの電圧レベルは，各ＳＣＲのＯＶに近いV_Fの値に等しくなるのです．

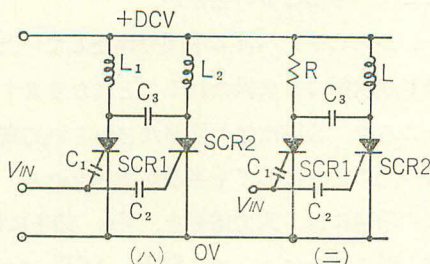
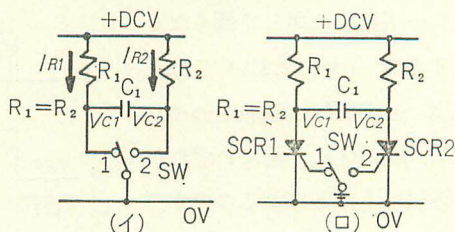
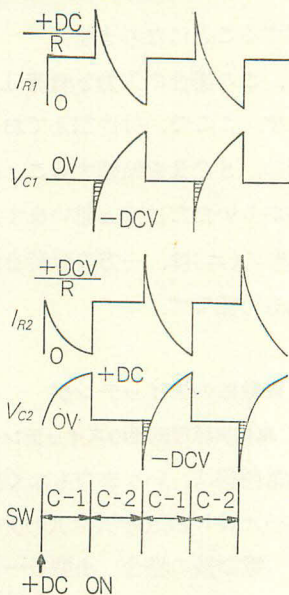
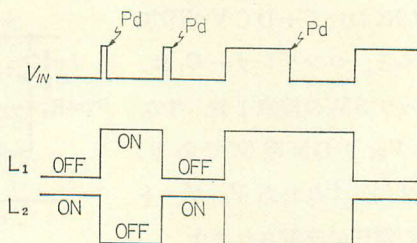
このようにして，図1.10のV_{C1}，V_{C2}の

斜線部では，アノード電位が，カソード電位に対して低くなりますので，(ロ) においては，SCR_1 と SCR_2 が転極しつつ，負荷 R_1，R_2 に，常にいずれかが通電することになるのです．

図1.11　入力と負荷のタイムチャート

ここで，もしSWの接点が，C―1 からC―2 へ移る中間で停止していたとしても，SCR_1 は ON，SCR_2 はOFF状態のまま保たれることになります．

ところで，SWは他の回路などからの同期した入力を意味しますので，たとえば(ハ)のようにしても当然かまいません．

この場合には，入力信号を，V_{IN} 端子に加えるとき，その直流入力パルスが立上がることによって，SCR_1，SCR_2 のゲートへ，コンデンサー C_1 または C_2 を通して，トリガーパルスが与えられて，負荷 L_1 または L_2 のいずれかが動作することになります．

さて，この場合の入力と負荷 L_1，L_2 のタイムチャートは，図1.11 のようになります，ここで，付け加えておきますと，Pd のゲート信号の立下がりのパルスでは，SCRを転極することはできない，ということは，いままでの説明でおわかりいただけると思います．

図1.9 の(ニ)は，一方の負荷を代用抵抗Rに置かえたもので，このような利用方法も可能です．

▧C　電動機のスイッチング

(1)　単相誘導電動機のスイッチング

誘導電動機は，いうまでもなく誘導負荷ですから，そのスイッチングは，すでに述べた図1.5 の(イ)(ロ)(ハ) のいずれかが，その基本となります．

ただ，電動機の場合，小型モーターでは，回転シャフトが，停止から定格回転数までに達する数10m sec の間は，また大型モーターでは数100m sec の間

は，定格電流の15～20倍の電流が流れます．

そのため，図1.5の各回路で使用されるTRIACやSCRは，モーターのスイッチングのときには，短時間のサージ電流に対する耐量が十分のものを選ばねばなりません．

また，こうしたTRIACやSCRを使うときには，回転の立上り期間に素子において消費される電力は，短時間とはいえ過大なものとなりますので，素子からの放熱を効率的に行なわせるように，十分な放熱フィンを使用しなければなりません．

(ii)　**直流モーターの速度制御**

直流モーターの制御には，その目的に応じてさまざまな回路があります．

回転制御には，ステーターコイルかアーマチュアコイルの電圧制御によって行なう方法があります．

駆動電源には，直巻モーターにせよ，分巻モーターにせよ，またはマグネットモーターにせよ，定電圧回路が使用されます．

さらに，回転数を一定に保つためには，電圧設定器で一定電圧を供給する場合と，モーターの出力軸に直流または交流発電機を取付けて，回転数に比例した電圧をとり出すことによって，それを，一定電圧の回転速度設定器と比較して，一定回転数を保つようにした閉回路（クローズドループ，いわゆるフィードバック機能のある制御回路）として使われるものもあります．

それでは，速度の制御はどのように行なうのでしょうか．

モーターの速度制御の方法には，ステーターコイルの定格電圧を一定に保ち，アーマチュアコイルの電圧を可変するか，逆にアーマチュアコイル電圧を一定に保ち，ステーターコイルの電圧を可変するかのどちらかの方法が多くとられています．また，特殊な場合として，両方のコイルの電圧を変化させて，出力トルクを一定に保つ場合などもなくはないのですが，制御回路も非常に複雑になります．

ここでは，ステーターコイルに，直流の一定電圧を印加する場合の回路例と，その逆のアーマチュアコイル電圧を一定にする場合の回路例をあげて，そ

れぞれの回路で，回転軸によって回転数の電気的検出をするクローズドループの場合と，フィードバックしないオープンループの場合を一例づつ説明していきましょう．

ステーターコイルを一定にするにしろ，アーマチュアコイルを一定にするにしろ，その制御回路を大別すると，次のようになります．

a　ＳＣＲで制御する回路

（イ）　オープンループ方式……小型のモーターの簡便な速度制御をする場合

（ロ）　クローズドループ方式……大型のモーターの精度のよい速度制御をする場合

b　トランジスタで制御する回路

（イ）　オープンループ方式……小型モーターの電源電圧変動を含めた速度制御をする場合

（ロ）　クローズドループ方式……小型モーターの精度のよい速度制御をする場合

これらの制御回路で使用される主体の素子は，上記のようにＳＣＲとトランジスタですが，電圧設定値と出力電圧とを比較する回路では，ＩＣが使われます．

また，トランジスタでは，大電流量を制御しうる素子が未開発であり，ＳＣＲでは高い制御精度を保つためには，ゲートパルス発生回路が複雑になる，ということから，このように用途が分類されるわけです．

それでは，この分類の中から，ａの(イ)「ＳＣＲによるオープンループ方式」をまずとりあげてみましょう．

図1.12 をみてください．

この回路は，定格電圧ＤＣ100Ｖを，図のようにステーターコイルに印加しておき，アーマチュアコイル電圧を VR_1 によって変化させて速度制御をするものです．

この図で，D_1 はアーマチュアの通電断時の逆誘起電圧消去用ダイオード，

図1.12　アーマチュアコイルをＶＲによって変化させて速度制御する

R_1, C_1 は，SCR をサージ電圧から保護するための抵抗とコンデンサーです.

また，R_2, D_2 は, C_2 に蓄電された電圧が，ダイアックを通して SCR をトリガーした後に，電源周期の最後に C_2 を放電させ，さらに次の周期に D_3, R_3, VR_1 を通して，C_2 に充電が開始されるときの初期の電圧を，常にＯＶとしておく回路です.

さて，こうした保護回路素子を除いて考えてみると，この回路は，すでに第１巻の206頁に述べた DIAC の基本動作の説明から，容易に理解できるでしょう.

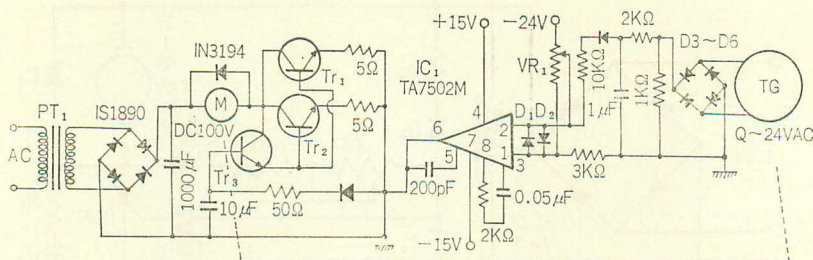
つまり，アーマチュア⟶D_3⟶R_3⟶VR_1 を通して，コンデンサーC_2 に充電される速度は，図1.13のように，VR_1 の抵抗設定値が大きくなるほど，時間遅れを生じ，DIAC と SCR の点弧位相が，小⟶中⟶大と遅れていき，モーターの回転速度を低くすることができるのです.

また，VR_1 を固定すれば，一定位相で点弧して一定電圧が供給され，したがって回転数を一定に保つことも可能ということです.

図1.13　ＶＲとＳＣＲの点弧の関係

ここで，図1.12 の回路の定数にふれておきましょう.

$R_3=1k\Omega$, $VR_1=100k\Omega$, $C_2=0.1\mu F$ とします．ＳＣＲは，使用する直流モーターの定格電圧，電流値から，たとえば，D

図1.14　回転発電機を使ったクローズドループ方式モーター回転制御

C100V, 200Wであれば，ＳF10G14　を使い，D_3 は耐電圧の計算から，1S1885, DIAC は１S2093　などを使うことになるでしょう，

さて次に，先にあげた制御方式の分類の中の，b(ロ)「トランジスタで制御する回路，クローズドループ方式」の例を検討してみましょう．

図1.14は，回転発電機（タコジェネレータ，ＴＧ）の出力を，基準電圧設定器 VR_1 の電圧に比較して駆動電圧を与えるもので，比較制御器としてＩＣ演算増幅器を使用しています．

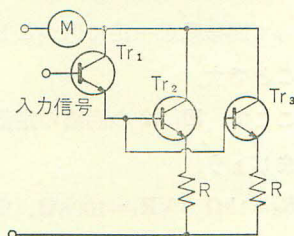
この回路で，まずモーターの制御方法をみてみましょう．

左側のトランス PT_1 は，直流モーターMの駆動電圧を供給する電源トランスです．演算増幅器の回路は，別の直流電源を使っています．

さて，モーターMに流れる電流を制御するわけですが，その制御は，Tr_3 のベースに与えられる信号によって行ないます．

図1.15　上図のモーター部分

ここのところのトランジスタ Tr_1, Tr_2, Tr_3 の接続方法について，まず考えてみましょう．

図1.15 は，図1.14 のモーター制御部分を抜きだしたものです．この回路は，いままでもたびたび登場しましたので，親しみ深い回路になりました．

「直流誘導負荷のスイッチング」図1.8に

もでてきていましたので，見くらべてください．

さて，こうした回路はみな，基本的には，図1.16 のようなダーリントン回路と呼ばれる増幅回路なのです．

図1.16 ダーリントン回路

この図によって，Tr_1 と Tr_2 の各トランジスタについての I_B，I_C の関係を説明してみましょう．

まず，それぞれのトランジスタの電流増幅率を，h_{FE1}，h_{FE2} とすれば，……

$I_{C1}=h_{FE1}\cdot I_{B1}$，$I_{B2}=I_{B1}+I_{C1}$

$I_{C2}=h_{FE2}\cdot I_{B2}$

………ですから，$I_{C2}=h_{FE2}(1+h_{FE1})I_{B1}$ となります．

図1.17 トランジスタ並列接続による負荷の分割

ここで，$h_{FE1}\gg 1$ ですから，I_{C2} はさらに次のようになります．

$I_{C2}\fallingdotseq h_{FE1}\cdot h_{FE2}\cdot I_{B1}$

こうしてみると，Tr_1 に非常に小さいベース電流を与えても，Tr_2 のより大きなコレクタ電流を制御することができることがわかります．

さて，図1.15 に再びもどりましょう．

図1.15 では，ダーリントン接続のほかに，Tr_3 が Tr_2 と並列に接続されています．これは，モーターに流れる電流が，トランジスタの最大コレクタ電流の値を越えているので，2個に分割して，個々のコレクタ電流負荷を，最大定格以下におさえてやるためなのです．

ですから，もしまだモーターの最大定格電流が大きいという場合には，図1.17のように，3個，4個と増設してやればよいでしょう．

もちろんこの場合には，各トランジスタに，ほぼ均等に電流配分するため，

エミッタにバランス抵抗と称して，同じ抵抗値を有する抵抗Rを接続しなければなりません．

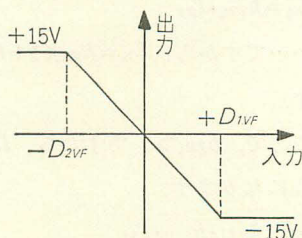
さて，以上で図1.14 の左側のトランジスタの回路は理解できました．そこでこんどは，図の右側のＩＣとタコジェネレータの回路を追ってみましょう．もう一度図1.14 をみてください．

図の Tr_3 のベース電流は，IC_1の出力端子6から抵抗50Ω を通して接続されています．

ここで，第1巻242頁のＩＣ演算増幅器の入出力の説明を思い起してください．Tr_3 のベースへの電圧は，ＩＣの V_{CC}～V_{EE} 電圧が出力となります．すなわちここでは，+15V～-15Vが供給されるわけです．

さて，出力端子6と入力端子2の，入力と出力の関係は，図1.18 のようになります．

図1.18　ＩＣの入・出力の関係

この図から，ＩＣに+15Vが与えられたとき，Tr_3 は導通してから，Tr_1，Tr_2 にベース電流を与え，こうしてモーターMに，その回転が上がる電圧が供給されます．

ここで，入力端子2は反転入力であり，端子2と3の間に接続されたダイオード D_1 および D_2 の順方向電圧以上の電圧は，図1.18 のようにＩＣには印加されません．

そして，端子2に，$0 \sim D_{1VF}$(≒0.7V) 間のプラスの電圧が与えられると，モーターMは減速する方向に働きます．

以上で，ＩＣの動作が理解されました．それでは，モーターの軸に直結されたタコジェネレータ（略称タコジェネＴＧ）と，モーターの回転数設定の回路に目を移しましょう．

まず，タコジェネレータは，この図の場合は交流発電機です．これはその回転数にほぼ比例する電圧が出力されます．この出力電圧は，ダイオードブリッジ D_3～D_6 によって全波整流されて平滑になり，反転入力端子2に接続されています．

また，端子2は，VR_1 の摺動子にも接続されており，その VR_1 の一端は，ＩＣ端子3へ，他端は－24Vに接続されています．

したがって，モーターの回転数の設定は，VR_1 の摺動子の位置によって行なうことができるわけです．

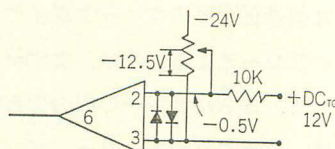
ところで，たとえばモーターの回転軸への負荷変動があった場合には，どのようにして一定回転数を保つことができるのでしょうか．

それは，タコジェネレータの機能によるのです．

いまモーターが，600 rpm で回転しており，タコジェネレータの出力電圧が12Vであり，VR_1 の摺動子が－12.5V，したがってＩＣの入力端子2が－0.5Vであるとしてみましょう．その場合の VR_1 の周辺を抜きだしたのが図1.19です．

図1.19 回転数の設定回路

そうすると，ここで外乱によって，モーターの回転軸への負荷が増加した場合には，回転は下がり，したがって，タコジェネレータの出力電圧が低下します．

その結果，図1.19の $+DC_{TG}$ の電圧が，仮に10Vに低下したとすると，ＩＣの入力端子2の電圧は，－0.5Vから負の電圧，$-D_{2VF}$($\fallingdotseq -0.7V$)になり，出力端子6の電圧が上昇して，トランジスタ Tr_3 のベース電流が増加し，こうしてモーターは回転を増すことになるわけです．

1.2　機械の状態を検出する電子回路

位置を検出するマイクロスイッチ，近接スイッチ，温度を検出する熱電対，サーミスタ，軸の回転数を検出するタコジェネレータ，これらはみな機械の状態を検出する電気部品です．

これらの部品が検出した出力を，制御回路に接続するには，制御回路の入力として使用しうる形態に，それらの出力を変換してやらなければなりません．

ところで，こうした制御回路については，すでにリレーを使って組立てた経験のある方も多いと思います．

その場合，たとえば，図1.20のように往復動を制御する場合には，図1.21のような信号伝達系のブロックダイヤグラムを作っていたことと思います．

このリレーによる方法は，まずマイクロスイッチの接点の開閉信号を入力信号として，さらにリレーの出力である接点を開閉しています．また，リレーの接点は，直流や交流モーター，ソレノイド類の定格電圧に相当する電源に，シリースに接続して，駆動の制御を行なっています．

これは，リレー制御回路にとって，マイクロスイッチの接点信号が好ましいこと，また，リレーの出力である接点信号が，機械のアクチュエーターとしての電磁弁，ソレノイド，モーターなどの動作信号の開閉にうってつけだからなのです．

こうして，マイクロスイッチ──→リレー回路──→接点出力──→駆動電力の開閉という信号伝達系が，機械技術者の間で広く利用されているのは，周知の通

図1.20　リレーによる制御

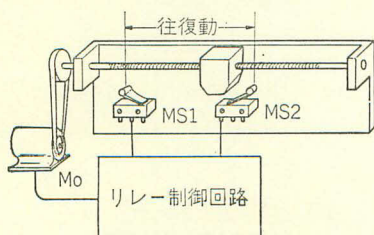
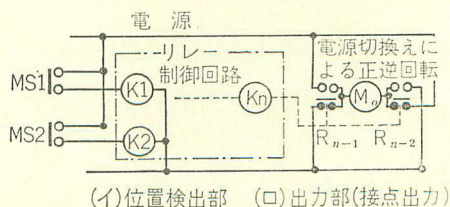



図1.21　左図のブロックダイヤグラム

りです.

これらは，ほとんどの部品が，接点による出力を利用しているもので，電子制御回路と比べて，それなりのよさがあることを認識しておきたいものです.

さて，リレー制御回路の場合には，マイクロスイッチの開閉信号を，さまざまに変換したり処理するということは，必要ありませんでした.

このことは，電子制御回路と比べて，利点でもあり，同時に欠点でもあったわけです.

この項では，各種のセンサーと電子回路を接続させるための方法について，述べていくことにします.

まず，センサーを分類すると次のようになります.

（A） 接点の開閉信号………マイクロスイッチ，リードスイッチ

（B） 抵抗の検出……………サーミスタ，フォトトランジスタ，可変抵抗器

（C） 電圧の検出……………熱電対，タコジェネレータ

（D） 電流の検出……………変流器などによる検出方法

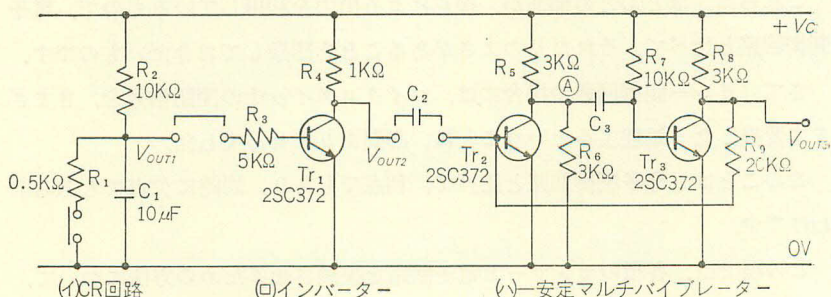
こうしたセンサーによって検出した信号の処理方法は，それに接続する回路によってさまざまです.

上記した(A)～(D)に共通していえることは，検出した電気信号を，とにかく電気的に取扱いやすい電気信号（通常は5～50V程度ですが）に変換して，増幅，演算，制御を行なうということです.

そこで，以下(A)～(D)の検出信号を，5～50V程度の電気信号に変換する回路について説明していきましょう.

■A　接点の開閉信号を制御回路に結びつける回路

機械に取付けられたマイクロスイッチ，または磁界の有無により開閉するリードスイッチ，あるいは操作パネルに取付けたスナップスイッチなど，さまざまな接点信号を，その ON—OFFにしたがって，等価的な電気信号の“1”レベルまたは“0”レベル信号に変換するには，図1.22 のような回路を用います.

図1.22　センサーからの接点開閉信号を電気信号に変換する回路

この回路の各部分は，すでに第2巻で学んできた回路で，それらを組み合せたものにすぎません．

さて，この回路については，なぜこのような回路構成になっているのか，ということからお話します．

この回路の入力は，(イ)部の接点開閉によって行なわれます．これは，もちろん接点をもったセンサーを想定しているからです．センサーの出力信号を直接電子制御回路部に接続することはできません．中間にこのような変換回路を入れなければならないわけです．

その理由は，スイッチの接点の動作を考えてみればわかります．

スイッチ接点の動作は，接触面で確実に電流を流すように，バネアクションをもたせた構造になっていて，閉回路のときには，接触面は加圧状態になっています．

そのため，接点がＯＮするときには，バウンシングが起きて，回路はＯＮ—ＯＦＦを繰り返し，一定時間後密着して安定します．

これは，通常チャタリングと呼ばれる現象です．

このチャタリングを無視して，たとえば図1.23(イ)のような回路だけですませて制御回路に接続するならば，制御回路への入力信号は図1.23(ロ)のようになってしまい，必要なスイッチ動作とは異なる入力信号となってしまうのです

このように，チャタリングは，機械的動作の時間感覚に対しては数 msec と短い時間にすぎないものの，電子回路の動作時間の概念と比較すれば，長いものとなりますので，スイッチ動作の状態と出力信号の状態が変わることは好ましくありません．

図1.23　チャタリングを考慮しない回路

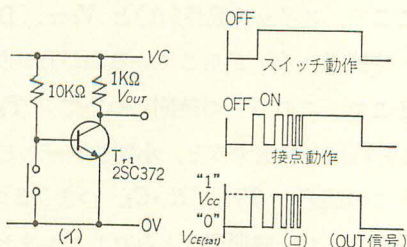
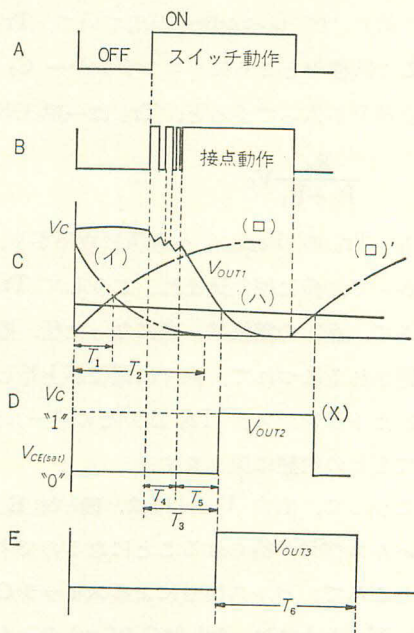
それでは，図1.22 の回路は，どのようにこのチャタリングを吸収しているのでしょうか．

再び図1.22 に戻って，(イ)のOUT 1 の端子は，図1.24 C の V_{OUT1} の曲線のように電圧変化しています．

図1.24　図1.22の回路の動作

図1.24のCで，(イ)は，$T_1=R_1C_1$，$T_2=R_2C_2$ としたときの，コンデンサー C_1 への R_1 を通しての放電による電圧下降曲線です．また(ロ)は，R_2 によるコンデンサー C_1 への充電による電圧上昇曲線です．

図のCは，これらによって近似させたチャタリングによる V_{OUT1} の変化の状態です．

さて，図1.22 の R_1，R_2，C_1 の定数を選んで，V_{OUT1} の出力を(ロ)のインバーターに接続するとき，トランジスタ Tr_1 のＯＮ，ＯＦＦの動作点が，図1.24の(ハ)の電位であるとすると，V_{OUT2} に

は，図の(D)の出力がでることになります．

ここで，スイッチ動作(A)と V_{OUT2} (D) を比べてみると，波形は同じですが，時間遅れ T_3 が生じているのがわかります．

そこで，この T_3 の時間について．T_3＝チャタリング時間(T_4)＋放電時間($T_5=T_1$) と仮定すると，小型リレーなどの T_4 は数 m sec 以下であり，また，この回路の T_1 は $R_1 \cdot C_1$，つまり5 m sec 程度なので，機械の動作では，問題とならない時間遅れとみなしてかまわないでしょう．

さて，こうしてインバーターが，チャタリングの吸収をしたことがわかりました．

それでは，図1.22 の回路にしたがって，V_{OUT2} の出力をコンデンサー C_2 を介して，(ハ)の一安定マルチバイブレータに接続してみることにしましょう．(ハ)の回路は，常に Tr_3 が ON 状態で放置されており，したがって V_{OUT3} には，常に “0” レベル信号が出ていて，Tr_2 は導通していません．

この状態のところに，コンデンサー C_2 を介して，図1.24(D)の V_{OUT2} の立上り信号が入ってくると，Tr_2 は一瞬 ON して，図中の点Ⓐの電位が，ほぼ

$$\frac{R_6}{R_5+R_6}V_C$$

から，Tr_2 の $V_{CE(sat)}$ へ急激に立下がり，点Ⓐの電位は，Tr_3 の V_{BE} 値にしたがって，負に振り込まれ，こうして Tr_3 がカットオフとなります．

さて，点Ⓐの電位は，負になった後，抵抗 R_7 を介してコンデンサー C_3 が充電されるにつれて，徐々に電位が上昇していきます．

またトランジスタ Tr_3 は，そのベース電位が，$B_{BE(sat)}$ 値になると，導通してもとの状態に戻ります．

こうして，出力 V_{OUT3} には，図1.24(E)の一定間隔 (T_6) のパルス幅を有するパルス信号が得られることになるのです．

ところで，パルス信号によるスイッチＯＮの状態から，スイッチＯＦＦの状態に戻るときには，図1.24Ｃの(ロ) のように電圧が上昇しますから，短時間で(ハ)の点より高くなって，V_{OUT2} の出力電圧は(X) 点で直ちに “0” レベルに

戻っています．

また，一安定マルチバイブレータの出力の時間幅 T_6 は，スイッチの投入時間に無関係に定まり，スイッチをＯＮ状態に放置しても，あるいは瞬時ＯＮしたときでも，一定のパルスが出力されることになるのです．

この T_6 の時間幅は，R_7，C_3 で決まる時定数によるものです．

また付加えておきますと，この回路の一安定マルチバイブレータの部分は，フリップフロップ回路に置きかえることも可能です．

さてつぎに，図1.22 の回路はトランジスタを使っていましたが，これをＩＣに置きかえるとどうなるか，以下に説明してみましょう．

まず，図1.22 の回路をＩＣ論理シンボルで表わすと，図1.25 のようになり，簡便化されます．したがって，信号の伝達系が明解に示されることになります．

この図1.25 の回路は，実際には図1.26 のような素子を使います．

この図の素子 TD1065P，TD1072P は，MDTL で，第２巻99頁に詳しく説明しました．

この素子の１～14は，リードを下側にして，素子を上から見たときのリードの端子番号で，７GND は OV へ，$14V_{cc}$ は＋DCV へ接続しておきます．

TD1065P では，図1.25にしたがって，リード端子を(ハ)のようにコンデンサー

図1.25　図1.22をＩＣ論理シンボルで表す

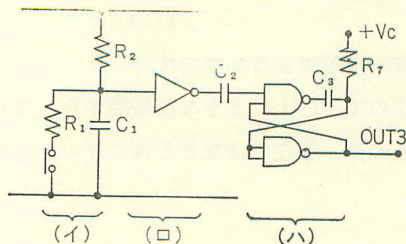
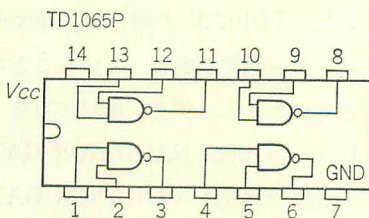
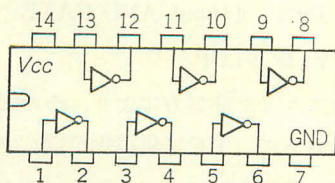



図1.26　左図のＩＣ構成

TD1065P

TD1072P

C_3 および抵抗 R_7 に接続し，TD1072P へは，コンデンサー C_2 を接続することにより，(ロ)と(ハ)の部分の回路組立ては完了します．

TD1065P は，1個使用するだけで，一安定マルチバイブレータを2組作ることができます．

また，TD1072P には，インバーターが6組入っています．

ここで付加えておきますと，IC素子は，その機能を表わす呼び方で呼ばれることがあります．たとえば，TD1065P は，Quad 2 Input NAND/NOR GATE と呼ばれ，TD1072Pは，Hex. Inverter とも呼ばれます．

この読み方は，Quad──→4組の基本ロジックがある，2 Input──→2入力の素子，NAND/NOR──→入力が"1"レベルで NAND 機能をもち，入力が"0"レベルで NOR 機能をもつ，となります．

つまり，TD 1065P は，4組の基本ロジックがあって，そのそれぞれが2入力（たとえばリード1と2，4と5など）の素子であり，NAND と NOR 機能をもつ，ということになります．

また，TD1072P の場合は，Hexagoral つまり6組の基本ロジックがあるインバーター機能の素子，ということになります．

さらにこうした例を，あげてみましょう．

Dual 4 Input NAND/NOR GATE	T D1060 P
Triple 3 Input NAND/NOR GATE	T D1066 P
Dual 4 Input EXPANDER	T D1063 P
Dual 4 Input AND GATE	T D3421 A P
FLIP FLOP	T D1067 P

こうした呼び方により，その回路構成が理解できるわけです．

さらに，ICは集積化が進んでいますので，以上のような単機能から，だんだん複雑化してきています．そうしたものは，現在ではたとえばつぎのようなものが完成されています．

Dual J-K FLIP FLOP

BCD To Decimal Recorder

4 Bit Shift Resister

8 Bit Shift Resister

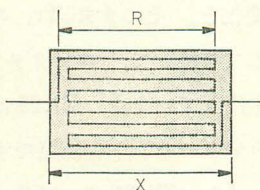
Presettable Decade Counter

■B 抵抗の変化を検出して制御回路に結びつける回路

抵抗値の変化を利用して，機械のセンサーとする方法には，つぎのような方法があります．

（a） 摺動抵抗器（第1巻174頁参照）を取付けて，機械的変位を抵抗値の変化にする．

（b） 抵抗線歪ゲージを貼付け，部品表面における歪を，抵抗値の変化に変える．これは，図1.27のように，抵抗の細線でできており，X方向の伸縮によって両端の抵抗Rを，内部の抵抗の折り返しによる抵抗値変化の増幅機能によって検出するものです．

図1.27 抵抗線歪ゲージ

（c） 温度変化に対して抵抗値が変わるサーミスタの利用

（d） 光の量の変化に対するCdSなどの抵抗値の変化を利用する

そして，これらのいずれの方法を取るにしろ，電気的取扱いは，つぎのうちのいずれかの方法を取ることになります．

（A）抵抗の変化を，図1.28あるいは，図1.29のように，一定電圧の定電圧源に接続して，電流の変化として検出する．

（B）抵抗の変化を，図1.30のように，定電圧源に接続して，電流の変化にし，さらにそれを電圧の変化として検出する．

（C）抵抗の変化を，図1.31のように，ブリッジによる電位差として検出する．

図1.28 電流の変化にして検出

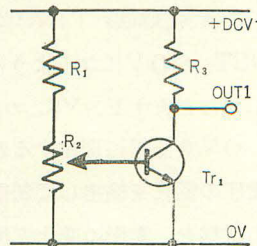



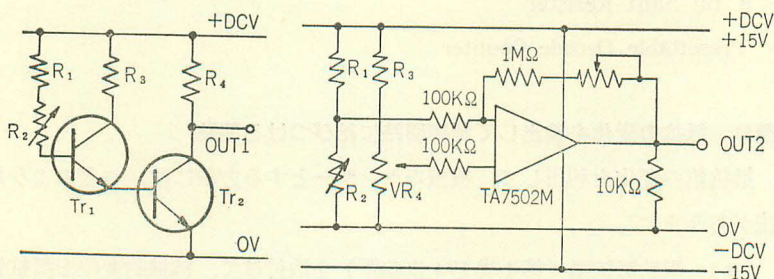
図1.29　電流の変化として検出　図1.30　VRを使って出力の0調整をする

ここで，図1.28および図1.29は，抵抗値の変化を，そのまま Tr_1 のベース電流変化として増幅して，コレクタ電圧出力 OUT_1 を取出しています．図1.29は，電流増幅率の大きいダーリントン回路です．

図1.31　電位差の検出

また，図1.31は，ブリッジの基本回路で，電源Vは，直流でも交流でもかまいません．

図1.30は，図1.31の基本回路を，さらに，VR_4 を使って，変化抵抗 R_2 に対する出力の0調整をするものです．

つまり，抵抗 R_2 の変化に対して，出力 OUT_2 が＋になるか−になるかを検出するため，変化前の抵抗と同じ抵抗値に VR_4 を設定しておきます．

さらに，演算増幅器 TA7502M の入力の二端子は，同電位の状態にしておいて，OUT_2 がＯＶになるように VR_4 を設定します．

こうしておきますと，VR_4 の設定後は，OUT_2 は，抵抗 R_2 の変化にしたがって，ＯＶを基準に変化するわけです．

■C　電圧の変化を検出して制御回路に結びつける回路

装置の状態を，電圧の変化を検出することによって検知して，制御するものです．

ところで，制御回路の電源の電圧は，リレー回路，トランジスタ回路，ＩＣ

回路を問わず，普通は5V～100V，高くとも200V程度の電源電圧です．

したがって，装置の状態を検出した検出器の出力を，制御回路に結びつけるためには，この電源電圧で制御しうる電圧に変換してやらなければならないのです．

すなわち，mV程度の微少電圧の検出器出力は，電圧増幅して数V程度にして，制御回路に接続します．また，何万Vという高電圧と制御回路を接続させるのも，同じように数10V程度に減衰させて接続するのです．

こうした電圧の取扱いについて，ここでは，熱電対，タコメータジェネレータ（回転数を通常数V～数10V程度の電圧に変換する），さらに高電圧の検出法をとりあげて，それらをどのように制御回路に接続したらよいか，説明していきます．

（i）熱電対による検出電圧の処理の仕方

第2巻173頁に，熱電対は，その種類によって，熱起電力に違いがあり，取扱う電圧は，数10mV程度であることを述べました．

こうした熱電対を接続する回路には，代表的なものでつぎの3つの方式があります．

a　可動コイル型電圧計として指針を振らせ，その指針の変位を電気的に変換する方法

b　微少起電力を，チョッパーで交流に変換して交流増幅する方法

c　直流電圧増幅する電子回路に接続して増幅する方法

それでは，「可動コイル型電圧計を使う方法」から説明していきましょう．

この場合は，まず熱電対による熱起電力電圧が，正しく計器に伝えられなければなりません．

図1.32 は，熱起電力電圧を正しく計器に伝える，つまり等価にするためにはどうしたらよいかを考えるための等価回路です．

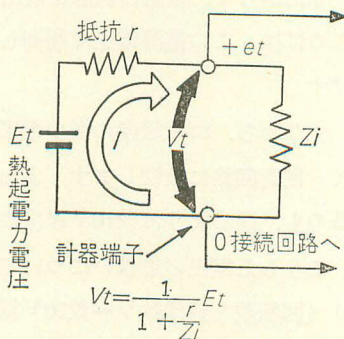
この図では，熱電対の熱起電力電圧 E_t を，計器の入力端子（0, $+et$）間に正しく与えないと，計器の指示が，熱電対の検出した温度を正しく指示しないということになります．つまり，$V_t=E_t$ にしなければなりません．

そこで，図中の数式をみてください．

r は熱電対の抵抗，Z_i は計器の入力端子（0, $+et$）間の計器内部の抵抗で，入力インピーダンスと呼ばれます．

この等価回路から，計器の入力端子にかかる電圧 Vt は，このような式になるはずです．

そうすると，この式で $Vt=Et$ とするには，$r/Zi=0$ に近づければよいことが分ります．

図1.32　熱電対と計器の等価回路

そのためには，r は熱電対の固有値で通常数Ω程度ですから，Z_i を∞にすればよいことになります．

こうして，熱電対の検出電圧を正しく表示させるためには，計器の選定は，入力インピーダンスの大きい計器を使う，ということがわかりました．

このように，計器の選定には，等価回路を考えて入力インピーダンスを決めるのです．

普通入力インピーダンスの大きさは，kΩオーダーになります．

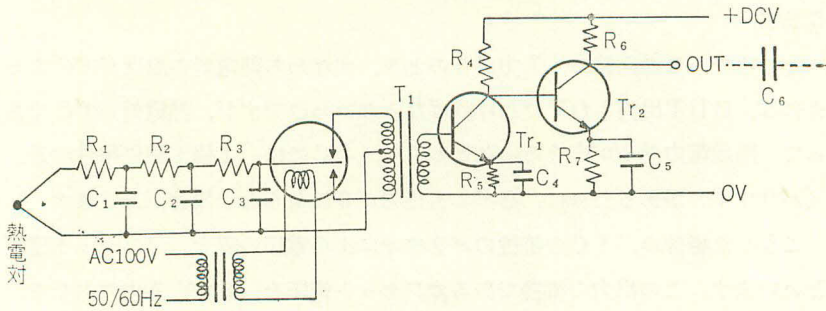
実際にこうした可動コイル形計器を使うときには，そのメーターに対して，熱電対の抵抗 r は，一定の値が定められています．したがって，計器表面に，その計器に適合する熱電対の特性が明記されているのが普通です．

ところで，市販の熱電対には，その抵抗値にバラツキがあるのが普通です．これに対しては，その熱電対の抵抗のバラツキの範囲内で加減できるような抵抗を，メーターに内蔵しておけば解決します．

熱電対の抵抗値のバラツキを補正するわけで，これは，そのメーターに対して総合抵抗を整合（調整）する，といっています．

さてそれではつぎに，b の「微少起電力をチョッパーで交流に変換して交流増幅する方法」に，説明を移していきましょう．

図1.33 がその回路です．

図1.33　微少起電力をチョッパーにより交流に変換する回路

この回路を追ってみましょう．

まず，熱電対の起電力は，抵抗 R_1，R_2，R_3 およびコンデンサー C_1, C_2, C_3 のフィルター回路を通してから，チョッパーの可動接片に接続します．

そこで，トランス T_1の一次側で電源周波数によって励振させて，微少電圧の矩形波交流に変換されたあと，トランス T_1 の二次側において，昇圧とトランジスタ Tr_1，Tr_2 への接続回路との整合がなされます．

トランジスタ Tr_1，Tr_2 は，いうまでもなく交流増幅回路です．

こうして，出力OUTから，たとえば C_6 を通して交流信号を取出して熱起電力に相応する出力とするのです．

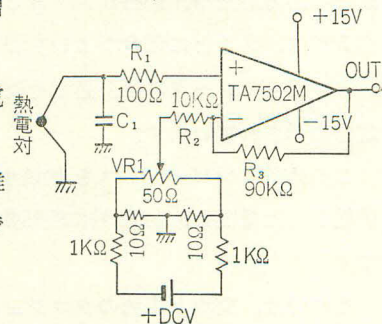
つぎに，c の「微少起電力を直流電圧増幅する方法」に説明を進めます．

図1.34 は，演算増幅器を使用した熱起電力検出回路です．

この図で C_1 は，熱電対からの高周波雑音電圧をバイパスさせるコンデンサーです．

この回路によって，電圧増幅度Aは，

$$A=\frac{R_2+R_3}{R_2}=10$$

図1.34　演算増幅器を使用した熱起電力検出回路

となり，熱電対の起電力電圧が，10倍に増幅されて出力ＯＵＴに出ることになります．

ところで，この回路で，入力が０のとき，すなわち熱電対の温度が0°Ｃのときには，ＯＵＴ出力もＯＶでなければならないわけですが，熱電対が0°Ｃであって，熱起電力が0mＶであったとしても，ＩＣには，１個１個に特性の差，(バラツキ)があるために，必ずしも出力が０にならない場合があります．

こうした場合の，ＩＣの特性のバラツキによる電圧の差を，オフセット電圧といいます．この出力の偏差であるオフセット電圧を，0mＶ入力に対して，出力ＯＶになるように，修正してやる必要が，ときにはＩＣの特性のバラツキから生じるのです．

図の VR_1 の回路は，そのための回路です．VR_1 の回路の＋ＤＣＶは，安定化電源であっても，直流電池でもかまいません．

ところで，演算増幅器の出力ＯＵＴへは，電圧計を接続してもいいですし，あるいは，トランジスタ直流増幅回路を接続することも可能です．

なお，熱電対の使用法については，第２巻172頁「ＰＩＤ制御回路」にも詳しく説明しましたので参照してください．

(ii)　**タコジェネレータによる電圧変化の検出方法**

回転軸の駆動により，交流または直流が出力されるタコジェネレータは，大抵その出力電圧が，10～100Ｖ ＡＣ，ＤＣ程度のものなので，電子回路に接続するには，まことに都合がよいものです．

タコジェネレータには，必ずそれに負荷として接続できるインピーダンスが定格表示されています．

この負荷インピーダンスを接続することによって，ジェネレータによって誘起された電圧と，回転軸の回転数とを正しく相対することができるわけです．

それでは，交流と直流のタコジェネレータの出力の接続方法を，図1.35に示しましょう．

図の(イ)も(ロ)も，整流したあと，R_1，C_1，R_2，C_2 によって，出力電圧波

形を平滑して検出回路に接続しています．

定格負荷は，ほぼ $R_1+R_2+R_3$ になりますから，検出回路に必要な入力電圧にするには，この回路の定格負荷は……

$$\frac{R_3}{R_1+R_2+R_3}V_{GEN}$$

とすればよいことになりますが，実際には，タコジェネレータの出力電圧にも影響されますので，たとえば $R_1+R_2+R_3$ に比べて，低い抵抗値の VR_1 を挿入しておいて，発電機出力と検出回路もしくはその後段の制御回路との調整を行ないます．

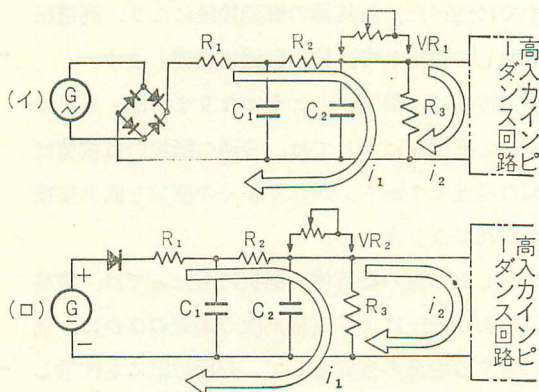
図1.35　タコジェネレータ出力の接続方法

図の高入力インピーダンスの検出回路としては，発電機出力による電流を，I_1 のように $R_1 \longrightarrow R_2 \longrightarrow R_3$ に主に流れるようにして，検出回路に流れる電流 I_2 を，少なくするようにするために FET や，あるいは演算増幅器で回路を組むとよいでしょう．

なお，タコジェネレータについては，本書27頁「直流モーターの速度制御」の項でも，検出回路を中心にお話しましたので，読み返してください．

(iii)　高電圧回路からの検出と変換の方法

熱電対のような微少電圧，タコジェネレータのような電子回路と接続しやすい電圧に比べて，機械技術者が直面するという機会は割に少ないのですが，高電圧回路から電圧を検出しなければならない，ということも時折要求されることがあります．

もちろんここでは，高電圧とは，電子回路で通常使用している電圧（3～100V程度）に比べて高いという意味で，KVオーダーの高電圧のことを指し

ています.

普通機械装置に付随する高電圧は，放電加工機電源，真空度チェック用のガイスラー管用の高圧トランス，電子顕微鏡などをあげることができます.

a　直流高電圧の検出

すでに述べた，抵抗器の直列接続により，高電圧を分割して取出して，検出回路に接続します.

図1.36　高電圧の分割

直列接続は，図1.36 のようになりますが，KVオーダーの高電圧に対しては，普通の抵抗の抵抗値は数MΩ程度ですから，かなり多くの個数を直列接続しなければなりません.

こうした用途の抵抗体の選択にあたっては，定格電流および分圧による定格電流の調査のほかに，高圧に対する耐量の性質として，表面放電にも注意しなければなりません.

つまり，抵抗の表面に，湿気やゴミが付着することによって，内部の抵抗値よりも表面の方が抵抗値が低くなってしまい，その結果，抵抗の表面が放電することがあるのです.

また，こうした回路の取付けにあたっては，外部筐体壁までの安全空間距離を十分とり，さらに，他の部品への放電による影響を防ぐように注意します.

また，一端は必ず接地します．さらに，検出抵抗 Rd が破損すると，検出端へ高圧が印加されてしまうこともありますので，破損に対する配慮をしなければなりません.

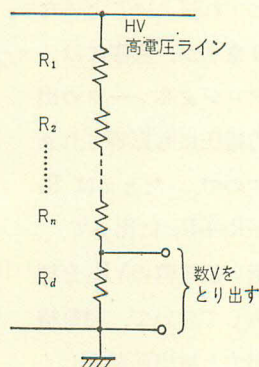



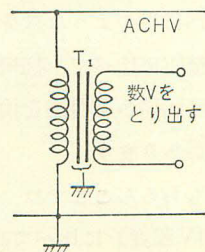
図1.37　降圧トランス

b　交流高電圧の検出方法

図1.36 の方法によって検出するか，あるいは簡便な方法として，図1.37 のような降圧トランスを使います.

この場合，トランス T_1 は，1次，2次間耐電圧およびコアー間耐電圧の十分なものを使用し，コアーは，

確実に接地します．

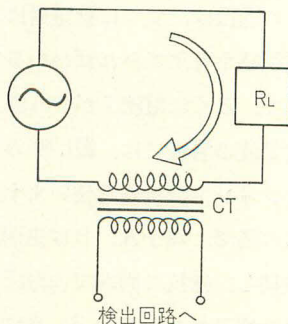
高圧の取扱いについては，法規上の種々の規制があり，それらを参照して，十分な注意と安全対策が必要なのは，いうまでもありません．

■D　電流の変化を検出して制御装置に結びつける方法

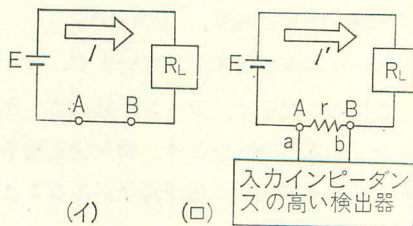
機械の制御において，電流の変化を検出して，制御装置に結びつける必要のあることがあります．

電流の変化を検出するセンサーと，その使い方をここでは説明しましょう．

回路電流に対するセンサーとしては，交流電流に対しては，図1.38のような変流器（カーレントトランス CT），直流電流に対しては，図1.39のように検出用抵抗であるシャント抵抗を接続して，抵抗の両端の電圧降下を検出し，それを電流に換算する方法をとります．

図1.38　変流器による電流検出

ここで，変流器とシャント抵抗のいずれの場合にも，検出対象である電流 I に影響を与えないように，できるだけインピーダンスの低いものを使用してください．

これは，インピーダンスが高いと，測定すべき電流の回路に，検出器のインピーダンスが加わって，電流が減少してしまい，その減少分が真の電流値 I と比べて誤差となってしまうからです．

図1.39　シャント抵抗による電流検出

いま，図1.39の(イ)の I を測定したいとしましょう．

$I=E/R_L$ です．

そこで，(ロ)のように，回路の一部 A･B 端子間に抵抗 r を取付け，$I'=E/$

(R_L+r) として，I の近似値 I' を，端子Ａ・Ｂ間の電圧降下を測定することによって検出する方法が，まず考えられるでしょう.

こうしたときの抵抗ｒに，シャント抵抗が用いられるわけです.

そうすると，求めたい電流 I との誤差をできるだけ少なくするには，R_L に対してｒを極力小さくすればよいことがわかります.

さて，図1.38においては，主回路と検出回路側とは，巻線の一次，二次側で分離されていますが，シャント抵抗の場合には検出回路側と分離されていませんから，計測器のインピーダンスは，上記の反対に大きなものを選ばなければなりません.

この理由は，すでに熱電対による電圧の検出の項で説明したことと同じで，等価回路を考えてみればわかるでしょう.

さて，とくに電流 I が５Ａ以上の大電流の場合には，図1.40のようなシャント抵抗器を使います.

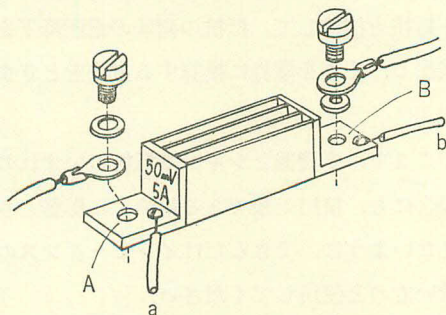
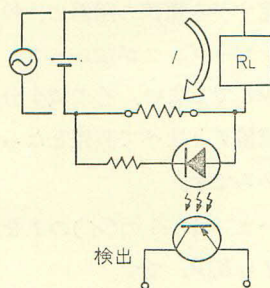
図1.40　シャント抵抗器の接続

この図で，端子Ａ，Ｂは主回路に接続し，抵抗の両端での電圧降下は，端子a,bより検出します.

シャント抵抗の特長は，正しく校生されていることで，５Ａ-50mVとか，10A-50mV，50Ａ-50mVというふうに明示されています.

図1.41　フォトカプラーの利用

これらの表示は，シャント抵抗に，５Ａ，10Ａ，50Ａが流れたとき，電圧検出端子ａ，ｂに正しく50mVの電圧降下があることを示しています.

ところで，図1.40のシャント抵抗の場合，$r=50mV/5A=10m\Omega$ で，かなり小さいインピーダンスです.

さて，図1.41は，主回路と検出回路を分離する一方法として，フォトカプラーを利用した例です．こうすれば，接続する測定回路が，高入力インピーダンスでなくてもかまわないことになります．

以上，接点の開閉信号による検出，抵抗変化の検出，電圧変化の検出，電流変化の検出と，さまざまなセンサーと検出回路について述べてきました．

これらの検査信号の処理として，さまざまに取扱ってきた回路例に接続することによって，多くの機械の状態の検出と制御が可能となるでしょう．

1.3 検出回路とアクチュエーターを結びつける回路
（論理回路の応用）

前節において，さまざまな機械を想定して，機械の状態を検出するセンサーと検出回路を学んできました．

そうして検出した信号をモーター，電磁弁などのアクチュエーターに伝えて駆動させるには，検出回路と駆動回路の間に，制御シーケンス回路，あるいは機械の論理的動作を行なわしめる回路の構成が必要になります．

ここでは，各種の機構を例に，論理回路の応用として，シーケンス制御をとりあげます．

なお，制御に必要な回路には，論理回路のみではなく，すでに述べてきたアナログ処理回路もあることは，いうまでもありません．

さて，機械を「定まったシーケンスにしたがって」動かす装置には，たとえば，スイッチを押すとモーターが回転する簡単なものから，製品の性能を検査して性能の段階別に自動的に分類し，さらには分類印を捺印，梱包ケースに包装する複雑なものまで，非常に幅広く利用されていて，分類が不可能なほど多くの種類があります．

さまざまな産業分野ごとに装置の特色があり，複雑度も異なっています．

こうした装置に共通するシーケンスの基本について，ここではお話していくことにいたします．

シーケンスの分類については，ここでは，信号の往復の頻度によって，つぎ

のように分類しました.

なおこれは，やさしいものから複雑なものへと説明していくための便宜上の分類にすぎません.

（a）定速度回転，一定時間後停止

（b）電磁弁順序動作

（c）確認順序動作

（d）計数制御

（A）および（B）は，人間の動作開始の指示信号によって，装置が一定の「きまり」で動作するもの，（C）は，その動作が開始したあと，制御器と機械の相互間で動作確認を行ないつつシーケンスを進めるもの，（D）は，動作開始後，制御器内部で確認を行なって機械を制御するものです.

さて，（A）～（D）の基本を学ぶに先だって，ここでこれらの制御回路に必要な電源回路の特徴をお話しておきましょう.

■A　シーケンス回路のための電源回路

シーケンス回路に必要な各種電源は，次のようになります.

（イ）制御回路用電源

（ロ）アクチュエーター用電源

（ハ）表示回路用電源

（ニ）その他の電源

これらの電源電圧および電流を，1つの電源回路に共通にしうる場合には，単一の電源回路を組立てればよいことになりますが，大抵の場合，使用部品の仕様などからそれが難しく，複数の電源を用いることになります.

また，たとえば（イ）と（ロ）を，1つの電源ですますようなことは，ノイズの問題から好ましくない場合が多いものです.

この節で述べる（A）～（D）の各シーケンス制御回路では，電源回路を省略することにして，ここでまとめて説明しておくことにします.

電源回路の電圧および電流容量については，その電源の負荷となる回路の最

大電流を計算して，選定，製作します．

また，制御回路の電源に対しては，定電圧安定化，あるいは電源からのノイズ吸収対策を施さなければなりません．

各種の電源回路については，第2巻の「エレクトロニクスの電源回路」を参照してください．

なお，電源回路は，ほぼ定形化されており，また理想的な直流電源を得るため，トランス二次側の交流出力に接続するような電源ユニットなど，各種標準ユニットが市販されています．

こうした標準電源ユニットは，負荷変動による電圧レギュレーションが，よく安定化されていて，過負荷電流に対する保護回路のついた，一般の使用には十分な部品として市販されています．

用途別の電源回路を，図1.42 にあげました．以下電源回路に省略してありますので，図中右の用途に合せて電源を選び，接続します．

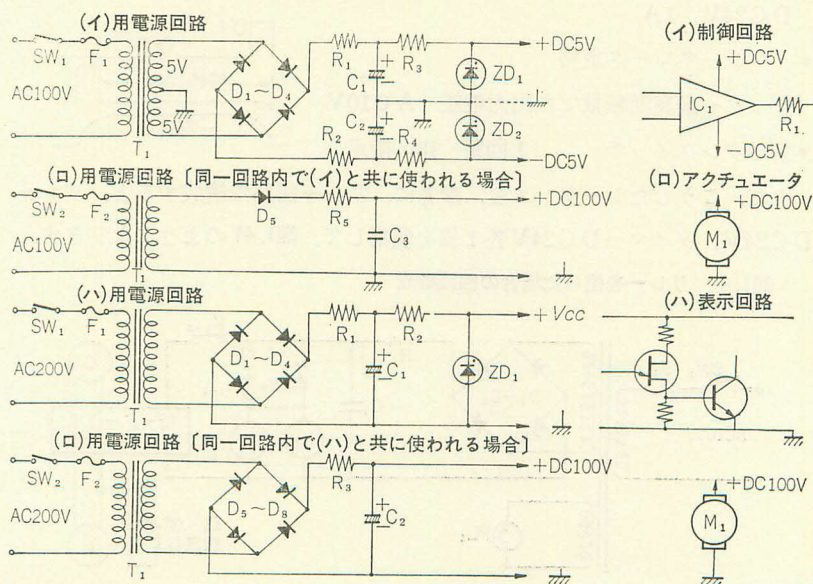
図1.42　シーケンス制御の用途別電源回路

■B　定速度回転，一定時間後停止

図1.43 のようなベルトコンベアー，ベルトサンダーあるいは遠心分離機のような，アクチュエーターが直流モーターである場合のシーケンス制御を考えてみましょう．

たとえば，直流モーターの駆動源を操作スイッチを押して，一定時間回転させたあとに停止させる，というシーケンスの場合は，どのようにしたらよいでしょうか．

図1.43 のようなシーケンスのための回路組立てを考えてみることにしましょう．

まず，使用する基本部品の定格を決定しなければなりません．

そこで，つぎのようにしてみました．

図1.43　ダイヤグラム

＊直流モーター定格

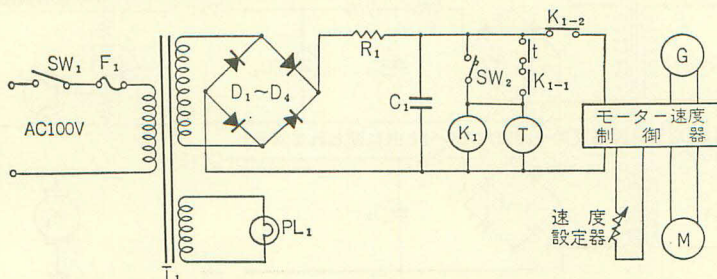
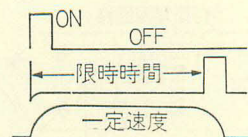
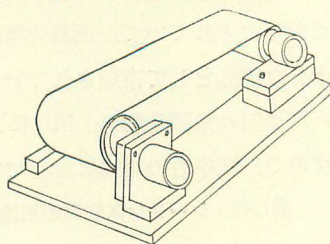
DC24V，1A

＊タコジェネレータ定格

モーター最高回転数での出力電圧　AC10V

＊押ボタンスイッチ　　1回路　1ab 接点

さて，こうしたシーケンスを，参考に，リレー回路で構成すると，リレーDC24V，タイマーDC24V各１個を使用して，図1.44 のようになります．

図1.44　リレーを使った場合の回路構成

この回路図では，モーター速度制御器は，ブラックボックスとして示しましたが，実際には，前にも述べたように，直流モーターMの電源は，トランス T_1 の24Vを使用して，ダイオード D_1～D_4，抵抗 R_1，コンデンサー C_1 の回路から直流24Vを得ます．

ところで，このようなモーター速度制御器は，従来電子管回路や磁気増幅器回路によって作られていましたが，最近では，半導体回路で組立てられますし，市販品には，モーターを発売しているメーカーで，電動機用速度制御パックとして，プリント板に組立てられていたり，プラスチックモールドされたものが標準品として売り出されています．

さて，このリレー回路は，まず SW_2 をONすると，リレー K_1 は，接点 K_{1-1} によって自己保持され，同時に K_{1-2} がONして，モーターMは回転を始めます．

これと同時に，タイマーTは計時を始めるわけです．そして限時時間後，タイマーの出力接点 t は，開回路となり，リレー K_1 の自己保持がとかれて，K_{1-2} がOFFして，モーター電源は切られることになります．

それではここで，こうしたリレー回路を，電子回路化してみることにしましょう．

図1.45 をみてください．かなり複雑な回路ですが，いままで学んできた知識で十分理解できると思います．

まず，ブロック化して考え，一つ一つのブロックの動作を説明していくことにいたします．

ただし，「(C) 電磁弁順序動作」以後では，破線でブロックを示すのみに止め，それぞれのブロックについては，説明しません．

それでは，回路を追っていきましょう．

まず，スタートスイッチ SW_1 の近辺からとりあげます．図1.46が，SW_1 のブロックです．

図では，SW_1 は，b接点の状態です．また，2組のFFのうち，FF_1 はスイッチのチャタリング防止用です．

さて，この回路での各点の動作は，図1.47 のようになります．

図1.45　図1.43のダイヤグラムを電子回路で構成する

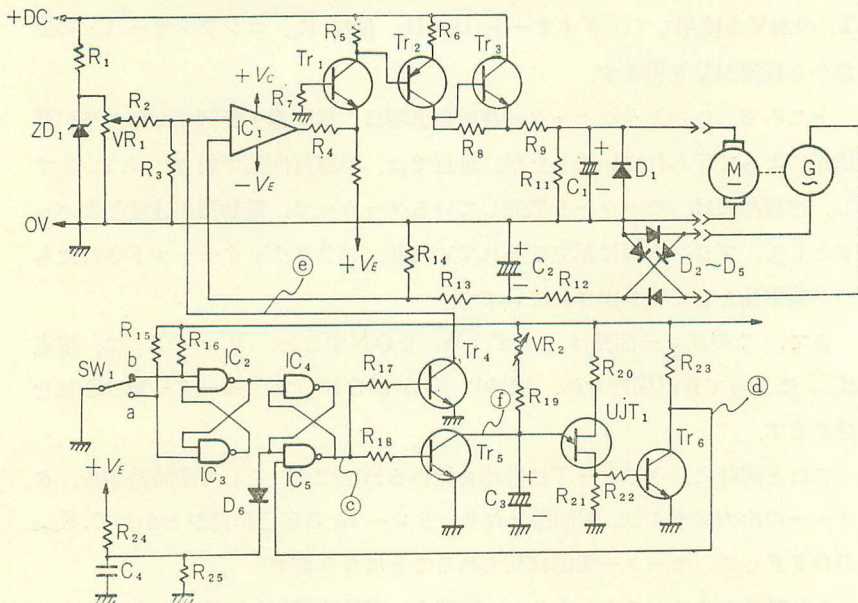
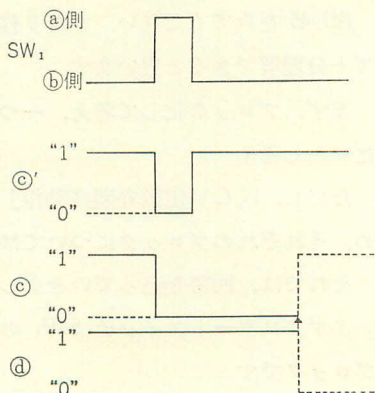
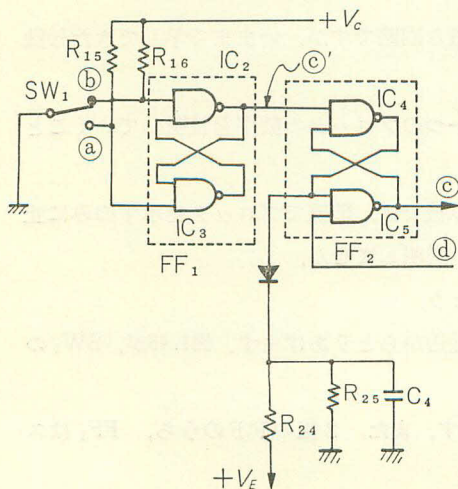



図 1.46　SW₁ のブロック　　　　図1.47　SW₁ ブロックの各点の動作

この動作状態図のように，FF_2 の出力©は，信号 C′（“1”）および⓪の動作によって変化することになります．

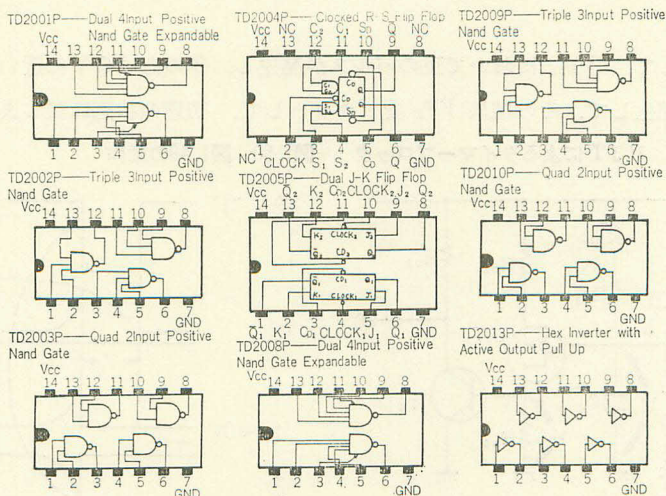
また，図のように SW_1 の接点が，b側にある状態で，⓪は “1”（$+V_C$ に近い），出力©は，“0”（ＯＶに近い状態）です．

さて，こうした状態で，SW_1 の接点をａ側に倒すと，どうなるでしょうか．図1.47 のように，C′ は “0” になり，©も “0” になります．

このあと SW_1 をｂに戻すと，C′ は “1” に戻りますが，© は，⓪ が “0” になるまで “0” 状態を保ちます．

ところで，このスイッチの回路は，電源＋ＶＣを15Ｖとして，IC_1 の $+V_C$ と共用電源とし，さらに，IC_2〜IC_5 をＨＴＬのＴＤ2003Ｐを使ってNAND回路機能として使用すれば，１個のＩＣで組立てることが可能になります．

ここで，ＩＣをＨＴＬに選んだのは，第２巻102頁にも述べましたように，ＨＴＬが機械の制御回路に使いやすくて，ノイズに強い素子であるからです．第２巻103頁のＩＣが，このＨＴＬに相当するのです．参考までに，図1.48 に，ＨＴＬのシリーズ名とＩＣ内部の配線接続図をあげておきます．

図1.48　HTL　ICのシリーズ名と内部配線接続図

それではつぎに，スイッチのブロックからの出力Ⓒのつぎの展開を追ってみます．

Tr_4，Tr_5 の回路の入力は，出力ⓒが "1" ならON，"0" ならOFFとなり，"0" のときのみ点ⓔおよび点ⓕは，電位の高い状態となります．

こうして，IC_1 に対するⓔ点，UJT_1 に対するⓕ点が，IC_1 および UJT_1 の動作に対するゲート作用をすることになるのです．

すなわち，Ⓒ点が "1" のときは，IC_1 については VR_1 による基準電圧が印加されない状態を，また UJT_1 に対しては C_3 の両端電圧が上昇せず，UJT_1 がONしない状態を作り出しています．

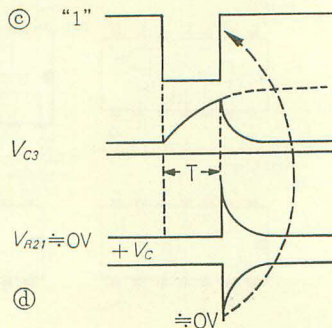
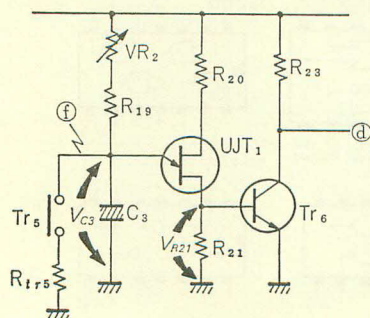
図1.49 のブロック図は，Tr_5 を接点に置きかえたものですが，この図からも Tr_5 の V_{CC} 相当の IC に対する抵抗分である小抵抗 R_{tr5} が，コンデンサー C_3 両端の電圧を低く保っているのがわかります．

ところで，図1.49 のブロックの機能は，どんなものでしょうか．考えてみましょう．図1.50 をあわせみてください．

スイッチ SW_1 が，a 側に倒れると，Tr_5 はOFFとなり，VR_2，R_{19} を通して C_3 に充電が始まり，UJT_1 の V_V に V_{C3} が達すると，UJT_1 はONします．

こうして，V_{R21} において正のパルスが発生し，ⓓの方は0Vに近い負のパルスが発生して，その結果 FF_2 をリセットして，初期の状態に戻します．

図1.49　UJTによるタイマーブロック

図1.50　図1.49の動作

こうしてみると，図1.49の回路は，タイマーの機能であることがわかりました．すなわち，$R=VR_2+R_{19}$，$C=C_3$ による時定数 $T=RC$ からタイマーの機能をはたします．

さて，このブロック中の Tr_4，Tr_5，Tr_6 は 2S C370 を使い，UJT は 2S H13を使用します．

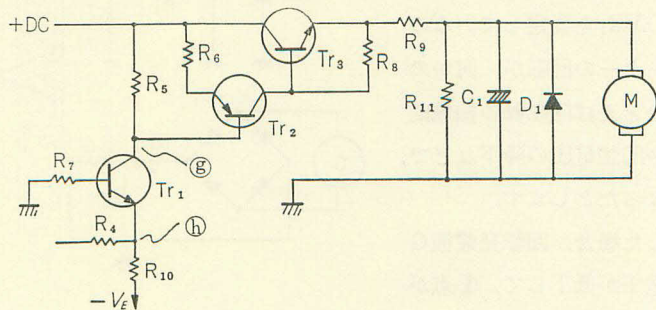
また，このＵＪＴによるタイマーは，むろんＦＥＴによっても，また一安定マルチバイブレータによっても作ることができるのはおわかりだと思います．

それでは，つぎのブロックに進みましょう．IC_1 を中心とした回路と，モーターを中心にした回路です．これらの回路では，スイッチ SW_1 を a 側に倒した状態で，$T=RC$ の時間内における Tr_4 がＯＦＦしている状態を前提としておきましょう．

図1.51 は，モーターを中心とした回路で，第2巻76頁のトランジスタ直列型定電圧回路と考え方は同じです．

つまり，ダイオード D_1 は，モーターのサージ電圧吸収用，C_1 は電流平滑用，R_9 は負荷がショートしたときの負荷電流制御用（トランジスタ Tr_3 の保護用)，R_{11} は負荷回路オープン防止用です．

さて，第2巻76頁と異なるところは，R_7，Tr_1，R_4，R_{10} の回路です．第2巻の方では，Tr_2 のベース電流は，ZD_1 と R_2 および Tr_1 のフィードバック電流によって与えられていましたが，ここでは，Tr_1 をはずした回路とみなし

図1.51　モーターを中心としたブロック

て考えてみればよいのです．

すなわち図1.51においては，Tr_2のベース電流は，ⓖ点の電位が上昇すると減少しますので，Tr_2のコレクタ電流I_Cも減少し，それに応じてTr_3のI_Cも減少して，モーターMの回転速度が低くなるのです．

それでは，モーターの回転速度をあげる場合は，ⓖ点はどういった動作をすればよいのでしょうか．

それもむずかしくありません．Tr_1のベースは，R_7を通して接地されていますので，Tr_1のエミッタ（ⓗ点）が負の電圧にならないとベース電流が流れません．

そこで，ⓗ点が負電圧になればなるほど，Tr_1のI_Bが増し，またI_Cが増してⓖ点の電圧は低くなって，モーターは高速回転するようになるわけです．

ところで，＋ＤＣの電圧は，R_9およびTr_3のV_{CE}による電圧降下を考えて，モーターの定格は，24V1Aから30〜35V程度に定めます．

また，Tr_3，Tr_2には，2ＳC521A，2ＳA 503を使用します．

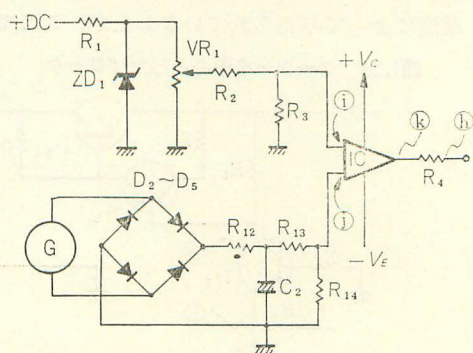
さて，それでは，ⓗ点の電圧は，どのように決めるのか，それを図1.52のＩＣを中心としたブロックによって考えてみましょう．

図中のIC_1は，ＴA7502Mとして，第２巻48頁の「演算増幅器の特性」を参照してください．

図1.52　ＩＣを中心としたブロック

図のｉは，反転入力端子，ｊは，非反転入力端子とします．

さて，VR_1を固定しているのに，モーターの回転が，何かの理由，たとえば回転軸の機械的過負荷や印加電圧の降下などで，低速になったとします．

こうした場合，回転発電機Gの出力電圧が低下して，ⓚ点が−14V の方に下ります．

そうすると，図1.51の Tr_3 の I_C 電流は，増加する方向に働き，こうして，回転数を一定に保つことになるわけです．

さて，モーターが回転しているときに，図1.49 の回路による限時間がくると，Tr_4 がONし，点ⓔが0電位になります．

そうすると，図1.52 のⓚ点は，+14V程度に上昇し，回転は減速していって停止します．

なお，この回路で VR_1 は，回転速度設定器です．

また，以上述べてきた回路の電源は，＋DC＝＋30～35V，$+V_C=+15$V，$-V_E=-15$Vとします．

■C　電磁弁順序動作

電磁弁には，周知のように，非常に多くの用途と，それに応じた種類のものがあります．

ここでは，図1.53 のような場合を想定してみることにします．

この装置は，ガスA～ガスDを，ある一定時間間隔，たとえば図1.54 のタイミングでガスを切換え，ミキサーの中の反応液を通して，放出管から他の配管に接続して，混合ガスを利用するものです．

この図の弁 V_A～V_D は，普通減圧弁が使用されて，使用圧力に近い圧力に

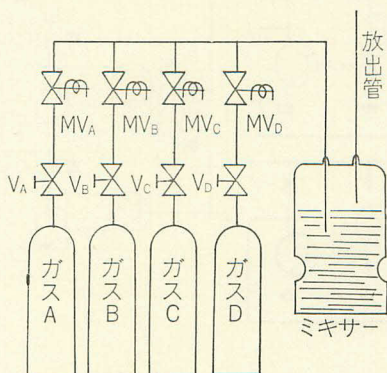
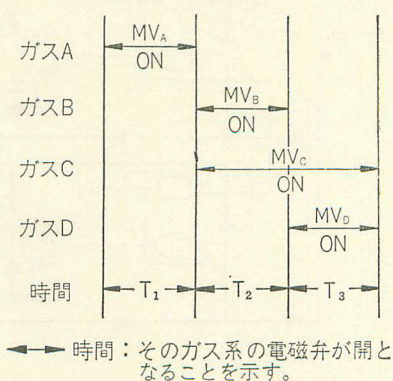



図1.53　電磁弁によるガスの混合例　　図1.54　電磁弁の順序動作例

減圧されます．

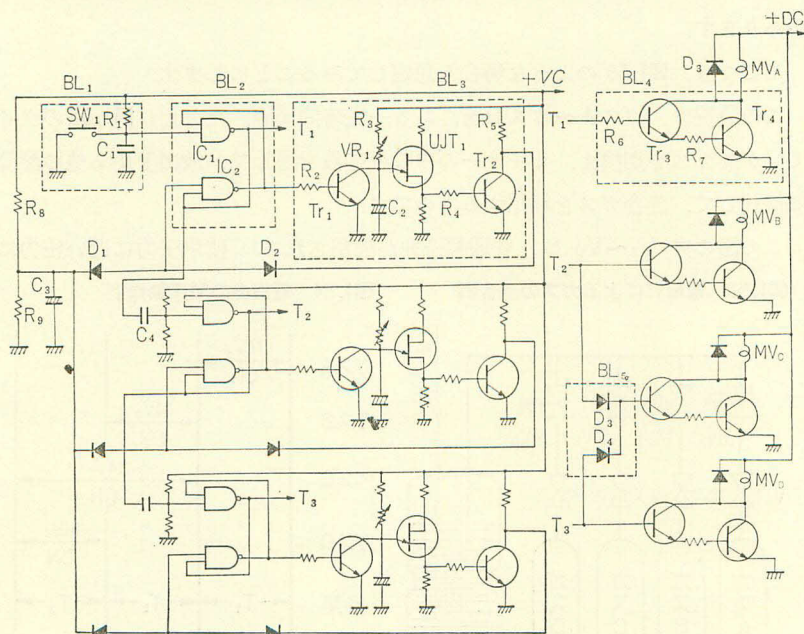
減圧されたガスA〜Dは，電磁弁 MV_A〜MV_D の開閉によって，混合されます．

図1.54 のダイヤグラムの場合には，時間 T_2 の間は，ガスBとガスCが混合されています．以下，このダイヤグラムのタイミングで電磁弁を動作させる回路を考えてみることにしましょう．

図1.55 のような回路を設計してみました．この場合の電磁弁 MV_{A-D} は，DC100V，0.5Aのものを使うことにします．

まず，大きくブロックを，BL_1〜BL_5 に分けてみることにしましょう．

BL_2，BL_3 については，（B）のモーターの速度制御と同じ回路で，BL_2 がFF回路，BL_3 が限時回路です．

図1.55　図1.54のタイミングで電磁弁を開閉させる回路

BL_1のブロックは，いうまでもなくスタートスイッチの回路です．スタートスイッチ SW_1 をONすることによる，チャタリング信号防止の R_1，C_1 が構成されています．

また，3個の D_1 は，"1" の電位の R_8，R_9，C_3 に接続されていますから，SW_1 が押されたあと，V_{C1} が "0" の電位になると，T_1 端子は "0" から "1" へ，また BL_2 と BL_3 の接続点は，"1" から "0" へ転移します．

こうして，BL_3 のタイマー限時がきてリセットされるまで，BL_4 はONしつづけて，MV_Aが働きます．

さらに，Tr_2 が限時後ONしたとき，BL_2 がリセットすると同時に，C_4 を通して，T_2 が動作を開始するわけです．

ところで，図1.54 のダイヤグラムでは，T_2 時間では，MV_B と MV_C を同時に動作させなければなりません．

これをさせるのが，BL_5 のブロックの，D_3 なのです．

また，T_3 時間内で，MV_C と MV_D を同時に動作させるのが，D_4 というわけです．

すなわちこれは，BL_5 の D_3 が通電しているときは，D_4 には逆電圧が印加されており，反対に D_4 が通電しているときは，D_3 に逆電圧が印加されるからです．

さて，BL_4 は，Tr_3，Tr_4 による電流増幅回路です．また，D_3 は，サージ吸収用ダイオードです．

BL_2 の IC は，NAND 機能を有する素子が6組必要になりますから，1個のパッケージの中に3組の NAND 機能を含む TD 2002 P を2個使用すればよいでしょう．

BL_3 内の各素子は，（B）モーターの回転制御の項と同じものでかまいません．また，Tr_4 は，最大定格 V_{CE} 100V以上，I_C 1A以上のもので，発熱を考慮して選定します．

スイッチング用パワートランジスタ 2S C519A は，P_C の余裕をもって使用することができます．

表 1.2　2S C519A の特性

最大定格

V_{CBO}	300V
V_{CEO}	110V
V_{EB}	5V
I_C	5A
P_C	50W

電気特性

h_{FE}	60

表 1.3　1 S130の特性

最大定格

逆耐電圧	50V
順 電 流	100mA (尖頭 300mA)

また，ダイオード D_1，D_2 は，スイッチングダイオード1S 130 でよいでしょう．

2S C519Aの特性を 表1.2 に，1 S130 の特性を 表1.3 に示しておきます．

この回路に必要な電源は，＋DC＝＋DC100V，＋VC＝＋15Vです．

■D　確認順序動作

前項の(B)，(C)の二例は，タイマーによって，制御対象とは無関係に一方的な信号の伝達を行なっていましたが，この項では，制御対象の物体の動きを検出して，つぎの動作を決定する制御回路について学んでみようと思います．

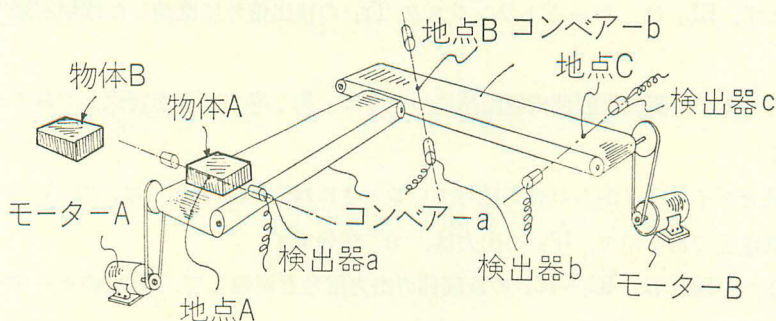
こうした方法は，(B) の例でいえば，定速度回転において回転した数を検出して，回転を停止させたり，(C) の例でいえば，電磁弁順序動作においてガスの流量を検出して，ガス流量を調節する，ということになります．

ここでは，図1.56 のような，物流コンベアーの制御をとりあげてみます．

このコンベアーの動作は，つぎのように決めることにします．

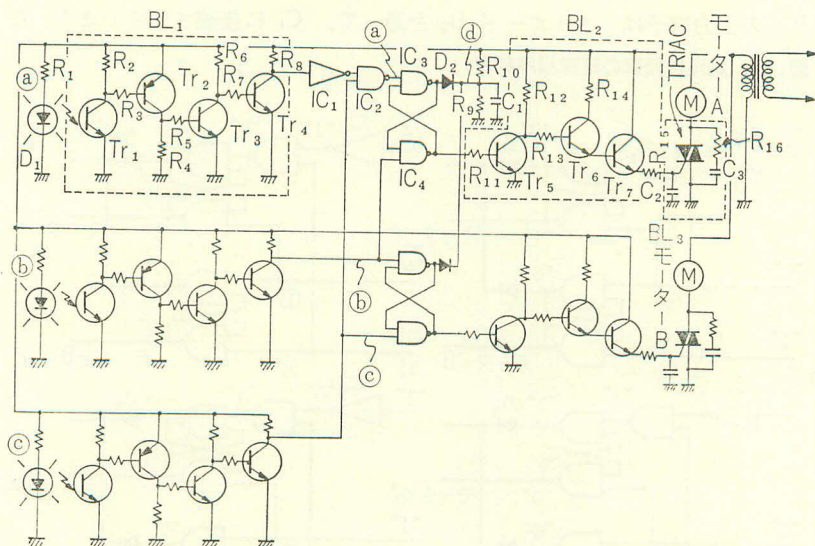
「まず，物体Aを，停止しているコンベアー上の地点Aに乗せると，ベルトコンベアーaが動き，物体Aが地点Bまで到達すると，物体の検出器bが働き，停止しているコンベアーbが，物体Aを運搬する．ただし，物体Bがつぎに乗せられても，物体Aがコンベアーbの終端Cにおいて取出されなければ，コンベアーaは，動きださない」

コンベアーのこうした制御回路は，つぎのように設計します．

図1.56　コンベアーのフィードバック制御例

まず，この制御装置の主要部品の定格は，つぎのように定めましょう．

モーターAおよびB：DC100V

検出器a，b，c　：発光素子およびフォトトランジスタ

図1.57　図1.56の例の制御回路

それでは，図1.57 の回路を，検討してみましょう．

まず，BL_1 は，フォトトランジスタ Tr_1 の検出信号に直結した増幅回路です．

ところで，直結型直流増幅回路については，第2巻139頁を読返してみてください．

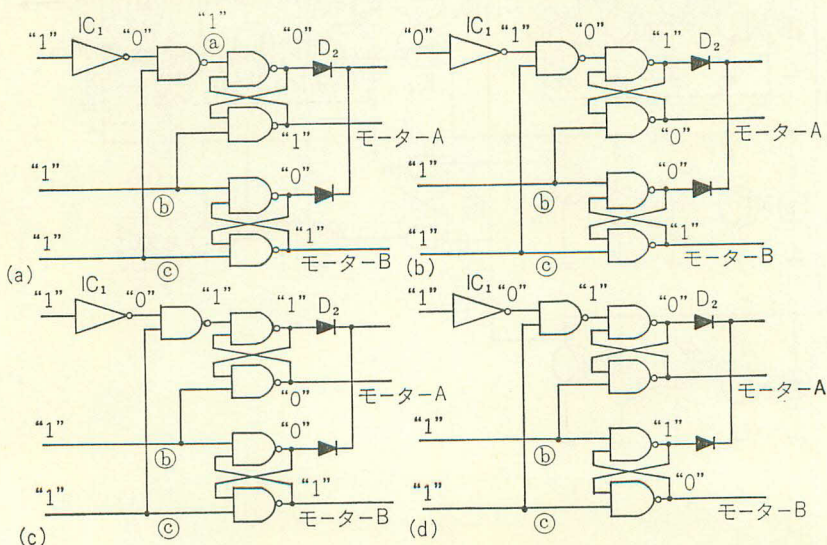
発光ダイオードからの光が通っているときには，BL_1 の出力は，“1”レベルの高電圧であるので，IC_1 の出力は，“0”信号です．

また，BL_2 は，IC_1～IC_3 の論理部の出力信号を増幅して，BL_3 のモーター駆動回路のゲート信号としています．

ここで，BL_2 の入力が“0”のとき，BL_2 の出力は，“1”となります．これが，BL_3 のトライアックのゲート信号となって，モーターを回転させるわけです．

では，ブロック外の回路について考えてみましょう．

IC_3 の出力端子は，ダイオード D_2 を通って，C_1 に接続されています．こ

図1.58　論理回路部の確認順序動作

こで点ⓓは，“1”レベルに設定されるようにしておかなければなりません．

さて，物品を乗せていないと，光が通過している状態ですから，図1.58のaのように，“1”“0”信号で安定しています．

ここで，物品Aを乗せると，センサーよりの信号で図のbのようになって，モーターが回転を始め，物品Aがセンサーaを外れると，cの状態になります．

さらに，物品Aが，センサーbまでくると，dの状態になり，モーターAは停止して，モーターBが回転し始めます．

このように論理回路を動作させて，以下図は略しますが，物品Aが，センサーCにくると，モーターA，B，は停止します．さらに，物品Aをとり出すともとの図のaの状態に戻るわけです．

さて，IC_1は，トランジスタインバータを使いますが，2S C370を使ってもあるいは，TD2012Pの6個のインバーターのうちの1個を使ってもかまいません．

さらに，IC_3～IC_4の4組のNAND GATEは，TD2003Pに4個入っているNAND GATEのうちの1個を使えばよいでしょう．

また，この回路の電源としては，ICおよびBL_1，BL_2用には，DC15Vでよいでしょう．

■E　計数制御

数を数えて制御を行う装置の種類は，非常に増えています．

前項の(D)の場合でいえば，コンベアーbの終端地点Cにおいて，物品の数を数えて，警報を出したり，コンベアーを停止させたりするものを，ここでは一応計数制御と呼ぶことにいたします．

すでに，第2巻84頁で述べたように，信号の処理には大別すると，アナログ信号処理と，ディジタル信号処理に分けることができます．

たとえば，(B)の回転発電機の起電力を，IC_1にフィードバックして，モーターの回転速度を一定に保つような回路は，アナログ信号処理の一例です．

そして，本項でとりあげる計数制御は，ディジタル処理の一例ということに

なります．

さて，回路例に入る前に，計数制御が，私たちの身近でどのように利用されているか，整理をしておきます．

a　立体駐車場の制御

これは，自動車の空地番地が，駐車場入口において表示されており，空地番地を指定することにより，縦形チェインコンベアーが回転して，入庫口に停止します．

制御システムとしては，車駐車の有無を検出するとともに，コンベアーの位置に順位を設けて，照合して停止させたり通過させたりします．

さらに，入庫，出庫した台数の計数をすることによって，総入庫台数の算出および，入庫から出庫までの時間の計数まで行なって，会計の資料としてのレシート打出しまで行なわせます．

b　ガソリンメーター

従来のガソリンスタンドのガソリン注入量の表示は，注入量を，流量計によってアナログ表示して，係員が読みとる形式のものでしたが，最近は，流量計の回転を，回転数ごとに検出して，遠隔地点でディジタル表示する方式のものに変わりつつあります．

c　立体倉庫

これは，この数年の間に，製造工場などで急速に普及しつつあるものです．

aと考え方は同じですが，内容としてはさらに複雑です．つまり，ある位置にある物品の有無をコンピューターに記憶させるとともに，たとえば，格納物品の品種を記憶したり，さらには，格納の古い入庫順から出庫させるものまであります．

d　電話

古典的な計数制御といえるでしょう．ダイヤルの回転により，ダイヤル数だけパルスが送られ，局のセレクターをパルスの数だけステップさせて相手番号を呼びだします．

計数制御を利用したものには，まだまだ多くの種類のものがあるわけです

が，ここではこれらの装置に共通した，最も基本的な回路例をあげてみます．

計数制御は，どのような装置においても，図1.59 のような信号ブロック系統で設計されているのが普通です．

すなわち，対象物の数を設定する回路，対象物の数を検出する回路，設定数と検出数を照合する回路，照合されたことを検知して，いろいろのアクチュエーターを動作，停止させるための電源回路，およびゲート回路から構成されています．

各種の用途を満たす装置間の相違は，ブロック内における回路の相違によって生じることになります．

そこで，図1.60 に示すような装置の場合の，各ブロックにおける回路例を考えていくことにいたします．

図1.59　計数制御回路のブロック図

この装置は，モーターに取付けられたギヤーA，Bによって送りねじに噛んでいる指標を移動させる機構です．

モーター軸には，回転角度を検出する，回転検出円板が取付けられていて，回転角度に比例した光パルスが，投光器から検出器に入り，計数検出を行ないます．

したがって，指標の送り移動寸法は，光パルス数に比例しています．

ここで，具体的な回路の検討に入る前に，図1.59 と図1.60 の関係をまとめておくことにいたします．

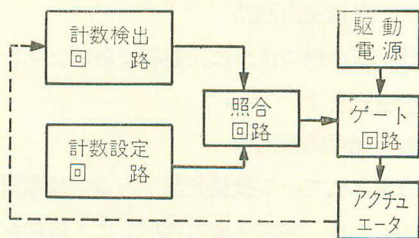



図1.60　ここで取あげる装置の機構図

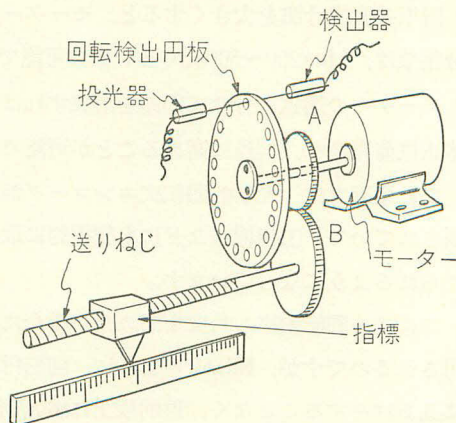



図1.59の各ブロックの中で，図1.60に表示されているものは，センサーとアクチュエーターだけで，回転検出円板とモーターとで表わされています．

ここで，センサーとアクチュエーターの種類の選択によって，各ブロックの内容は異なり，装置自体の機能も異なったものになるのは，いうまでもありません．

そこで，図1.60の装置例について，センサー（計数検出回路）とアクチュエーターに，それぞれの用途に応じたものを選び，それぞれの特徴を述べておくことにいたします．

さまざまな実際の特殊な装置においても，このセンサーとアクチュエーターを選択することで，計数制御回路も幅広い用途をもつものとなるからです．

（i）**センサーの選択と特長**

a　計数検出回路

図1.60の例のほかに，前項であげたコンベアー上の物体の計数回路も，これに含まれます．

b　光学的検出器

市販されている投受光器，あるいは専用設計によるものでも，投受光方式によるものは，回転角度の割出しに，精密を要さないものに向いています．

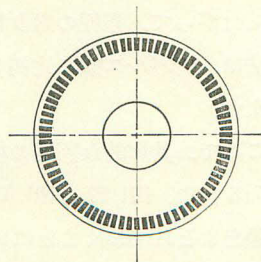
簡単な，1パルス/1回転～4パルス/1回転程度には大変便利です．

円板の直径寸法を大きくすると，モーターの駆動馬力容量にもよりますが，分割数は，Max200～500孔ぐらいまで可能です．

モーターの選択に合せて回路を形成すれば，停止位置精度も，相当に高めることが可能です．

また最近では，光学的回転式エンコーダが市販されていて，工作機械などにも積極的に取入れられるようになっています．

これは，回転割出し角度を高めたい場合に使用されるのですが，図1.61のように，回転円板に孔あけをすることなく，透明板上に感光剤を

図1.61　光学式エンコーダ

塗布して，写真技術によって黒白のパターンを精密に作りあげたものです．

現在市販されているものでは，光パルスとしては，1000～5000（パルス／1回転）程度のものもあり，エンコーダの内部に，光──→電気変換部を内蔵したコンパクトで高性能のものになっています．

ところで，このエンコーダの使い方は，たとえば200（分割／1回転）の停止位置を希望する場合の前光投受光器と，200孔の円板孔とを組合せて比較させるようにすれば，かなりの高精度の停止位置精度を得ることができます．

たとえば，2000パルス／1回転の出力のエンコーダを使用して，その出力電気パルスを，入力として形成するような回路を作り，その回路において，パルスを1/10にカットダウンさせてモーターを停止させるようにします．

こうすれば，単純に数値上のみでの比較をすれば，停止位置精度に換算して1/10になります．もちろん，実際には，使用するモーターの種類，パルスカウンターのカウント誤差などによって，1/10とはいきませんが，数倍の精度向上になるのは確かです．

c　接点式検出器

回転円板の外周に，凹凸のカムを有するように円板を製作して，マイクロスイッチによって出力するものです．

前記光学式に比較すれば，回転角度が，より粗分解でかまわないものに利用されます．

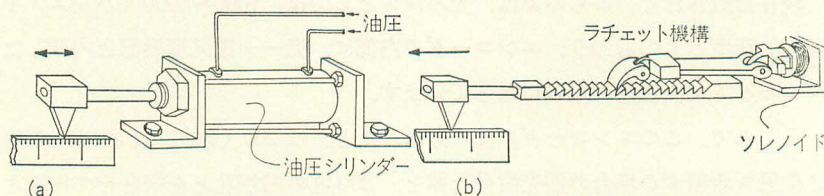
また，マイクロスイッチを，リードスイッチに置換えて，磁石の磁界の断続を検出するものもあります．

d　電気の変換利用による検出器

マグネスケールとか，インダクトシンとか，シンクロレゾルバーなどをあげることができます．

以上が，検出器の例ですが，それではつぎに，図1.60の例で，アクチュエーターの種類をあげてみましょう．

図1.60のように，モーターの回転を指標の指示送りにするほかに，図1.62のaのように，指標軸をオイルシリンダーに直接接続して，油圧の断続によって

図1.62　アクチュエーターの選択

送りを与えたり，bのように，ラチェット機構によって，送り量を数値的に送ることも考えられるでしょう．

以下，これらの例について，特長を述べて，整理しておきましょう．

(ii)　**アクチュエーターの選択と特長**

a　交流モーター

速度制御および停止位置の精度向上に，多くの技術的難しさがあるので，単独では，使用を避けた方が無難です．

ただし，大きな出力トルクを得たいときには，機構設計を十分吟味してから使用するようにします．

たとえば，メカニカルクラッチなどを応用して，停止位置でブレーキをかけるようにするとか，ゼネバ機構やクリーブランドカム機構などの減速機構との組合せによるなどして，交流モーターの回転角度制御の「しにくさ」を，機構的に工夫しなければなりません．

b　直流モーター

回転の増速，減速が容易なので，制御回路と結びつけやすく，よく利用されます．

すなわち，計数設定値に計数数値が近づいたことを検出して，減速して停止精度を向上させることもできますし，あるいは，設定数の近くまで高速回転させて，送り時間の短縮も可能になっています．

ただし，一般的な直流モーターの速度比は，低速回転数：高速回転数の比が，1：8～1：12程度が多く，また，回転数による出力トルクの変動も多い

ことを注意しなければなりません．

c　パルスモーター

低速回転数：高速回転数の比が，直流モーターよりも大きくて，たとえば，1：200〜1：500ぐらいも可能で，直流モーターの比の数十倍の幅をもっています．

なおかつ，回路の工夫次第では，出力トルクもほぼ一定に保つことができます．

電気パルスモーター，電気・油圧パルスモーターなどがあり，いずれも計数制御を目的としたアクチュエーターとして，広く普及しています．

d　油圧（空圧）シリンダー

駆動力の大きなアクチュエーターとして利用され，その送り量は，油圧の弁の開閉などによって制御されます．

2位置の位置制御には大変便利ですが，シリンダーストローク内の中間位置での停止精度には，いくつかの問題があります．

その1つをあげると，弁開閉の時間遅れが直接に影響してしまうという問題があります．

空圧の場合にはさらに，圧縮性流体のための問題も入ってきます．

これらに対しては，メカニカルロッキングなど，機構との組合せによって，停止位置精度を向上させなければなりません．

e　電磁石による駆動

送り機構に対しては，一定送り／1パルスが容易なので，送り動作の制御には，利用しやすいものです．

ただし，送り動作が，連続一定速度ではないので，利用する用途は，目的によって限定されるでしょう．

機構的には，ラチェットの爪のエスケープメント機構を工夫すれば，一定送り量を，ステップ状に増減することも可能です．

さて，図1.60の装置のセンサーとアクチュエーターをめぐって，実際に応じてフレキシブルに選択すればよいことを述べてきました．

それでは，再び図1.60に戻って，この装置の回路の検討に入っていくことにしましょう．

(iii)　回路の検討

まず，この装置の主要な機器の仕様を，つぎのように定めておきます．

・駆動モーター：ＤＣパルスモーター，定格ＤＣ５Ｖ（1Ａ），四相励磁

・検出器：投受光器利用回転円板，受光器はフォトトランジスタ

・回転角度設定数範囲：１〜99パルス

回路図は，図1.63のように設計してみました．

そして，ブロックは，BL_1〜BL_{10} に分けてみました．

これらのブロックのうち，BL_1 については（Ｂ）の電磁弁順序動作の項で，BL_2 は（Ｃ）の確認順序動作の項で，BL_3 は第２巻243頁で，BL_4 はモーターの定速度回転の項で，BL_8 は第１巻238頁で，BL_9 は第２巻188頁で，BL_{10} は第１巻240頁で，すでにそれぞれの動作を説明してきましたので，もう一度読返していただきたいと思います．

さて，この回路については，要所を述べるに停めましょう．

①　BL_3 は，BL_1 のＵＪＴの発振パルス数の1/2のパルス出力を出す．

②　BL_2 は，受光増幅部で，その出力パルスでカウンター BL_6 を駆動する．

③　BL_4 は，スタートスイッチSW_1をＯＮすると，出力ａが，"0" ⟶ "1" へ立上がり，出力ｂは，"1" ⟶ "0" となる．

出力ａは，BL_{10} のゲートに対し，BL_3 からの入力信号のパルスを反転して，その出力を BL_5 に与える．

出力ｂは，BL_6 および BL_7 のゲートを開き，BL_2 からの出力パルスによって BL_6 と BL_7 にカウントを開始させる．

ただし，BL_8 からの出力信号が "0" になると，ａとｂの信号は逆転する．

ここで，BL_8 の出力信号が "0" になるのは，BL_6 および BL_7 の出力が，各ブロックのディジスイッチの設定と，BL_2 の出力パルス数に合致したときである．このとき，スタートスイッチがＯＮする前の状態に戻る．

④　BL_9 は，図中のパルスモーター駆動シーケンスのように，各コイルが励磁

図1.63　図1.60の装置の回路図

パルスモーター駆動シーケンス

パルス＼巻線	A	B	C	D
1	ON	ON		
2		ON	ON	
3			ON	ON
4	ON			ON

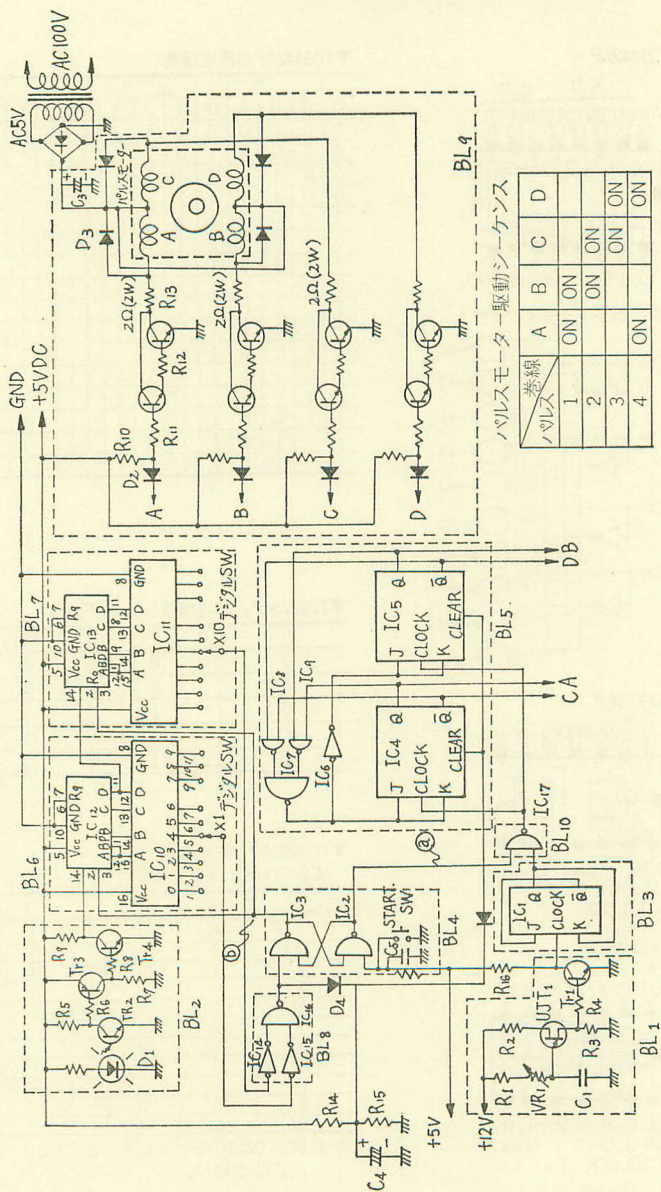
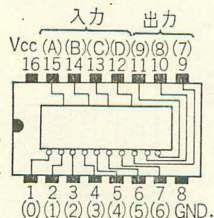
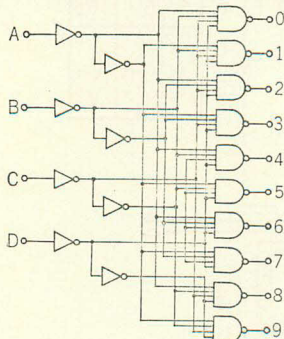
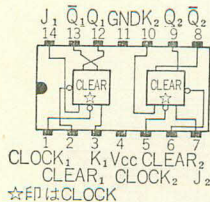
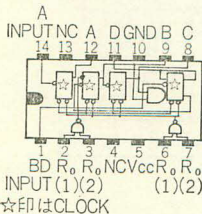



図1.64　使用したＩＣの内部配線と入出力の関係

▼TD3442APのロジックダイヤグラム

▼TD3442APの真理値表

入		力		出								力
D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

▼TD3473APの真理値表（各Flip Flop）

t_n		t_{n+1}
J	K	Q
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\bar{Q}_n$

▼TD3490APの真理値表

BCD COUNT SEQUENCE

カウント	出			力
	A	B	C	D
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	0	0	1
9	1	0	0	1

注 1）BCD COUNTモードの時は出力Aと、
　　入力BDを結ぶ。

されている．

⑤　BL_5 は，パルスモーターのドライバー回路で，第２巻188頁の Tr_7〜Tr_{10} によって構成される回路と，同じ機能．詳細は後述してあります．

⑥　BL_6 と BL_7 は同じ回路であるが，BL_6 の入力は，フォトトランジスタの出力パルスであり，BL_7 の入力は，BL_6 のIC_{12} 端子11による出力である．

BL_6 は，１の桁の計数，BL_7 は，10の桁の計数を行なう．

さてここで，この回路で使用したＩＣを紹介しておきましょう．

BL_5 および BL_3 に使用されるIL のうちで，IC_1，IC_4，IC_5 はそれぞれ，J-K 型フリップフロシップです。

IC_{10}，IC_{11} は，２進計数を10進出力に変換する IC（ＢＣＤ To Decimal Decorder）です．また，IC_{12}，IC_{13} は，カウンターです．

これらのＩＣの選定上の具体例と内部配線は，図1.64 のようになります．

J-K Flip Flop を ＴＤ3473ＡＰに，ＢＣＤ To Decimal Decorder を ＴＤ3442ＡＰに，Counter をＴＤ3490ＡＰに，それぞれ選びました．

IC_{10} および IC_{12}，IC_{11} および IC_{13} の組合せについては，図1.64から，カウントが設定された点まで進み BL_6，BL_7 の出力が出ることを 確認してみてください．

さて，ここで，前記した BL_5 の，パルスモーターに一方向回転駆動を与える回路について考えておくことにします．

図1.64 の，ＴＤ3473ＡＰの内部配線と真理値表をみてください．

この表は，Ｊ，Ｋとも t_n で "0" のときは，クロックパルスによって t_{n+1} のとき，前の状態を保ってＱおよび$\overline{Q}$は変りませんが，t_n でＪ，Ｋとも "1" のときは，クロックパルスによって t_{n+1} のとき，$\overline{Q}$およびＱの前の状態が変ることを示しています．

そこで，この回路におけるパルスの動作を追ってみることにしましょう，

図1.65は，図1.63の回路の BL_5 部分を抜きだしたものです．

図1.66は，図1.65の回路の各点におけるタイミングダイヤグラムです．

この２つの図を見くらべながら，ＩＣの出力と，ⓐ，ⓑ，ⓒ，ⓓの各点にお

ける"1" "0"のレベルの変化を考えてみます.

まずスタートのときで，Q_1，$\overline{Q}_1$ および Q_2，$\overline{Q}_2$ が，それぞれ"0" "1"の状態を保っているとき，つまり①のときに，クロックパルスが立下がることによって，J，K が"1"となっている IC_4 は，その出力 Q_1，$\overline{Q}_1$ が反転します.

図1.65　IC化したパルスモーター駆動回路

この IC_4 の Q_1，$\overline{Q}_1$ の変化によって，b出力からc，d出力へと，それぞれの出力が変化していきます.

さて，変化したのちの，②のときのクロックパルスの立下がりによって，今度は，IC_5 の J，

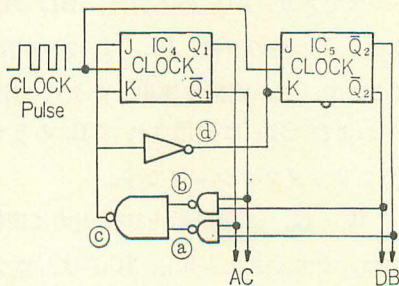
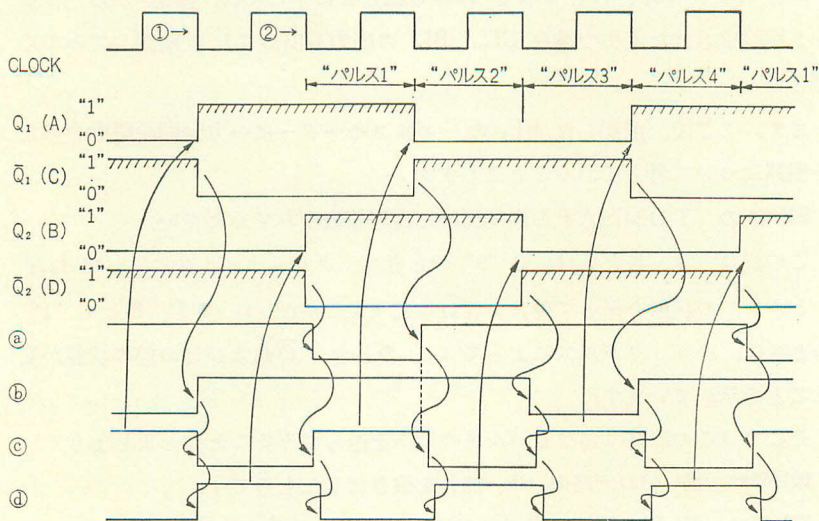



図1.66　図1.65の各点におけるタイミングダイヤグラム

Kが，“1”になっているため，Q_2，$\bar{Q}_2$ が反転して，パルス“1”の状態になります．

この状態では，Q_1(A）および Q_2(B）が“1”状態であり，これは図1.63の図中のシーケンス表の，巻線A，BがONのときに相当するわけです．

図1.66では，動作伝達の時間を，いくらかズラして，矢印によってその変化を示してあります．

このようにして，図1.63のシーケンス表にあるパルス２──→パルス３──→パルス４──→パルス１の状態を作り出して，パルスモーターの一方向回転駆動を与えていくのです．

以上の本項の回路に使用される電源は，ＩＣには，＋ＤＣ５Ｖを使用しました．

第1話　§その2
電子回路で構成された電子装置

☞　さて，本項までに，私たちは，さまざまな素子や回路について，くり返しさまざまな角度から，それぞれのテーマに応じて，分解し，再構成したりして，学んできました．

ところで，頻繁に必要とされる回路や装置というものは，そのほとんどが標準化されて市販されています．

本項では，こうした装置の中で，非常によく用いられる電子装置のいくつかをとりあげます．

今まで学んできた素子や回路が，それらの中で，どのように応用されているかをみていくことにします．

2.1　検出装置としての電子装置

■A　無接点近接スイッチ

リミットスイッチのような，従来の近接スイッチに代って，動作に力を必要とせず，したがって，機械的摩耗や破壊が生じない，半導体による無接点近接スイッチが開発されて，すでに各方面で広く実用化されています．

無接点近接スイッチにも，その方式はいろいろあり，それぞれに一長一短があります．

（i）　誘導磁気平衡形

検出ヘッドが，インピーダンスブリッジを形成しており，検出ヘッドに磁性体が近づくと，ブリッジの平衡が崩れて，リレーが動作する方式です．

（ii）　容量形

容量形は，検出ヘッドと大地間の容量が，ブリッジ回路の一辺を形成して平衡状態を保つような回路が組まれています．ここに，近接体が通過すると対大地容量が変化して平衡が崩され，リレーが動作する方式です．

（iii）　超音波，光電池形

一方のヘッドから電波または光を発射し，他方のヘッドで受信させる状態にしておいて，近接体がビームをしゃ断すると，リレーを動作させる方式です．とくに，フォトセンサーの利用として，光の波長を変えたり，光学系による拡大，縮少，望遠，近接などの操作を混じえることによって，非常に広い範囲の応用が可能です．

（iv）　高周波発振形

高周波発振を利用した，無接点近接スイッチの出力までの回路ブロックを，図1.67 に示します．

また，図1.68 は，この各ブロックごとの出力波形です．

この回路で，発振回路は，電源を印加すると，一定周波数，（数百 kHz）で発振します．

この状態のところに，近接体が，発振コイルで構成された検出ヘッドの電磁場内に入ると，近接体に過流が生じ，発振回路の損失が生じ，発振が停止しま

図1.67　近接スイッチから出力を取出す

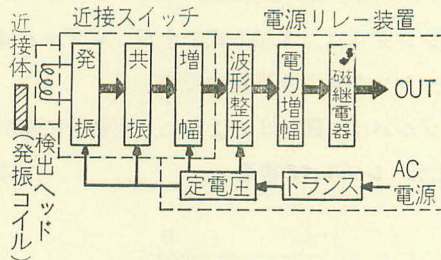
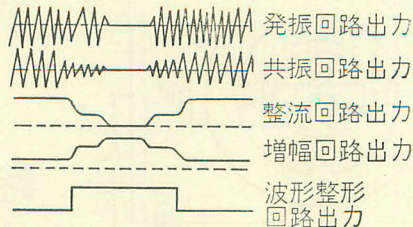



図1.68　各回路の出力波形

す．

次の共振回路は，一定周波数に対しては，インピーダンスが極小になるように設計されています．

したがって，発振回路がその周波数で発振しているときには，共振振幅は，大きくなりますが，近接体の接近によって発振条件が変化すると，振幅が小さくなります．

ですから，こうした共振回路の出力を，ダイオードで整流すれば，近接体の接近を検出した信号を得ることになります．

増幅回路は，入力信号を増幅して，反転させます．

波形整形回路は，増幅された信号の立上り，立下がりを修正して，電力増幅回路を介して，電磁継電器をドライブ（励磁）するのです．

■B　レゾルバ

レゾルバは，基本的には，セルシンやオートシンなどの，シンクロの一種です．シンクロは，3相方式ですが，レゾルバは2相方式です．しかも，レゾルバは，シンクロより高精度です．

レゾルバは，図1.69のように，回転子に巻かれた一次巻線と，固定子に巻か

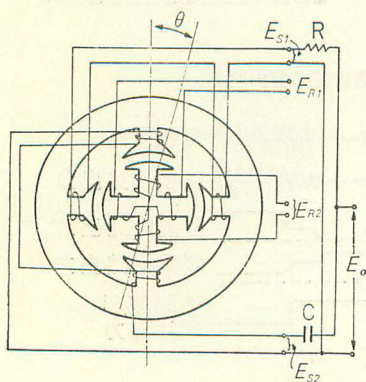
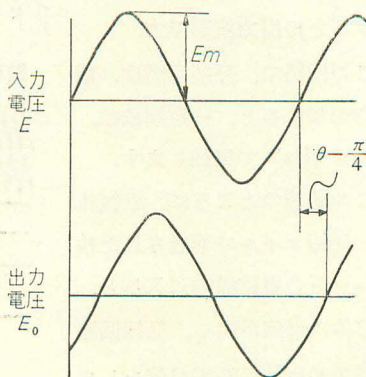



図1.69　レゾルバの構造　　図1.70　レゾルバ入出力波形

れた二次巻線とからなっています．

レゾルバは，回転角度の伝達や検出をするセンサーですが，それは，次のように動作します．

角度の伝達，検出は，一次巻線と二次巻線の空間的相対位置，つまり角度 θ のづれによって，二次巻線の出力電圧が三角関数状に変化することを利用しています．

図1.69 で，いま，E_{R1}，E_{R2} に，交流励磁電圧 E を加えるとします．

ここで，回転子の回転角 θ のときの出力電圧 E_0 は，次のような式で表わされます．

$$E_0=\frac{kE}{\sqrt{2}}L\left(\theta-\frac{\pi}{4}\right)$$

この式から，出力電圧 E_0 は，振幅が一定のとき，その位相が，入力電圧 E に対して，回転子の角度 θ に比例して変化することが分ります．

このことから，この出力を，位相弁別回路に通して，位相差に比例した出力電力を得るようにすれば，回転角度，方向，速度などを検出したり，計測したりできることになります．

あるいは，送りねじの軸にレゾルバを取付ければ，角度の検出は，そのまま位置の検出として用いることもできます．

さて，図1.71 に，シンクロによる遠方監視メーターの例をあげておきます．これは受信機の軸に直接指示装置を取付け，機械装置の軸に取付けた発信機の

図1.71　シンクロによる遠方監視メーターの例

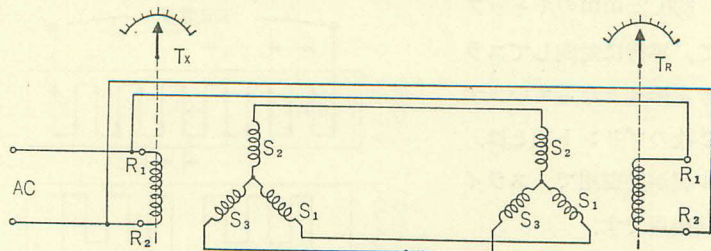



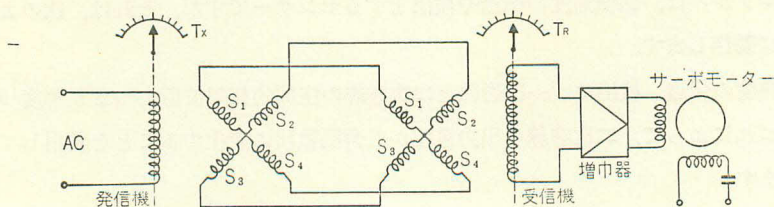
図1.72　レゾルバによる角度伝達例

1回転が，そのまま1：1で指示できます．

図1.72は，レゾルバによる角度伝達の1例です．レゾルバは，トルクの伝達はできません．図のように，サーボモーターの出力を指示させるとか，制御用に用います．角度検出精度は，普通10′程度です．

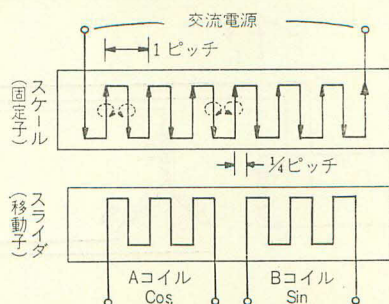
■C　インダクトシン

インダクトシンは，レゾルバと同じ動作原理です．インダクトシンには，回転運動の検出に用いるロータリーインダクトシンと，直線運動の位置検出に用いる，リニヤインダクトシンがあり，ここでは，図1.73のような，リニヤインダクトシンについてふれることにいたします．

構造は，しっかりした絶縁板に，2mmピッチの銅箔コイルをプリント配線した2枚のプリント板を，図のように，約0.25mmのギャップをもって，平行に対向してスライドできる構造となっています．

図1.73　リニヤインダクトシンの原理

この2枚のプリント板とは，スケール側が励磁用で，スライダ側が検出用です．

スケール側の励磁コイルは，一組のコイルが連続しています

が，スライダ側のコイルは，ピッチは同じですが，A，B 2つのコイルに分かれていて，コイルAとコイルBは，スケールのコイルと，1/4 ピッチだけづれて配置されています．

さて，このような構造は，次のような働きをします．

図1.73 のスケールに矢印で示してあるのは，ある瞬間における電流の流れです．この状態では，隣同志の銅箔に流れる電流は，互いに逆方向になっています．

したがって，各々の銅箔には，図の点線で示した矢印のような磁束が発生するはずです．

そうすると，スライダ側のコイルA，Bは，片方がスケールのコイルにマッチングしているとき，他方は必ず 1/4 ピッチづつづれている状態ですから，たとえば図のように，コイルBが 1/4 ピッチづれている場合には，コイルAはスケール側とマッチングして，誘起させる電圧が最大となり，コイルBでは，誘起される磁束が互いに打消し合う状態で，つまり，銅箔同志がちょうど中間にあって，磁束が存在しないので，誘起電圧は生じていません．

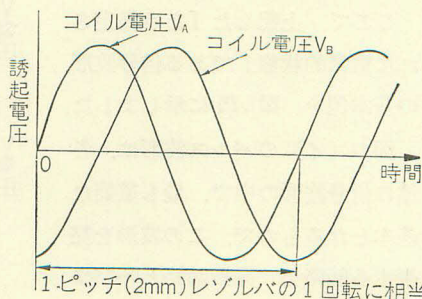
このようにして，コイルAとBに発生する誘起電圧は，スライドが一定速度で移動した場合には，交互に最大──→最少をくり返すことになるわけです．

そこで，その関係を，図1.74 に示しました．

この図から，インダクトシンの 1 ピッチである 2 mmが，レゾルバの 1 回転に相当し，また，コイルA，Bのづれ1/4ピッチは，電気角度で90°となるのがわかります．

こうして，コイルAとBを直列に接続すれば，出力電圧は一定振幅のまま，その位相角がスライダの移動距離に比例して変化することになります．

こうして，リニヤインダクトシンは，移動距離を検出します．

図1.74　インダクトシンの誘起電圧

さて，レゾルバは一般に，10′ の検出精度ですが，検出精度も同じ精度と考えれば，リニヤインダクトシンの精度は，2 mm×10/(360×60)，すなわち，約1μ の高精度な検出能力をもっていることになります．

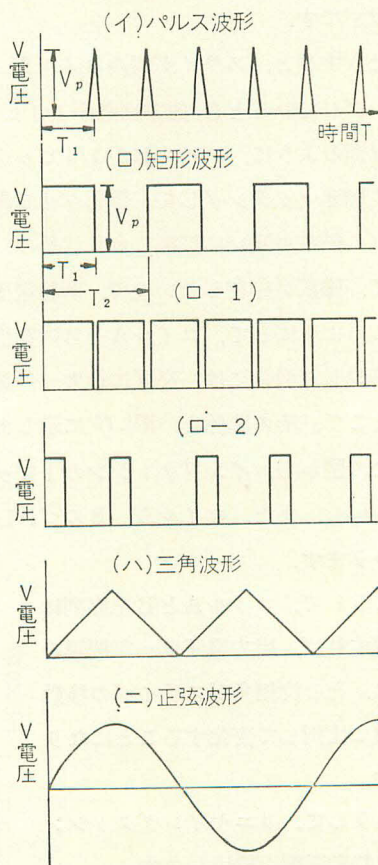
2.2　信号発生器としての電子装置

信号発生器というと，どんなものがあるかちょっと見当がつかないように思われますが，身近なところでいろいろと使用されています．

たとえば，交叉点の信号は，一定時間ごとに，赤→黄→青→黄→赤と切りかわっています．

また，交流電源でも，信号波形として使用できますし，メトロノームも，さらには時計も，信号発生器といえなくはありません．

そこで，ここで述べる信号発生器は，「ある指定された電気的状態を自動的に継続して発生する電子装置」に限ることにいたします．

図1.75　信号波形の基本例

■A　信号波形の基本例

ここで，上記した「ある指定された電気的状態」である信号波形の基本例を，図1.75 に示しました．

図の（イ）のパルス波形は，各種の信号波形の中で，最も重要な基本となるもので，この波形を発生する回路を，発振回路と呼びま

す．

この発振回路には，種々の回路があることは，すでにさまざまにお話してきました．

図の（ロ）は，矩形波形です．

この波形は，（イ）のパルス波形をトリガー入力とするフリップフロップ回路，あるいは，無安定マルチバイブレータなどの出力を，波形整形回路を通すことにより作りだすことができます．

さらに，（ロ）の波形を，パルス幅 T_1，パルス周期 T_2，電圧値 V_P を可変することによって，（ロ―1），（ロ―2）のような，種々の矩形波を作りだすこともできます．

さて，（ハ）のような三角波を得るには，（ロ）のような矩形波形を，積分回路に通せばよいのです．これは，第2巻の「パルス発生回路」と「波形変換回路」で述べてあります．

（ニ）のような正弦波形は，（ハ）の三角波を，適当なバイアスをかけたダイオードと抵抗のマトリックス回路を通すことにより合成できます．

あるいは，単独には，閉ループ中にCとRを含む，CR発振回路によって，簡単に発生させることもできます．CR発振器としては，0.01Hz～10MHz 程度のものが，市販されています．

■B　低周波信号発生器

低周波信号発生器として市販されているものは，図1.76のようなブロックによって構成されています．

周波数の範囲としては，0.001Hz～1kHz 程度が大部分です．

図のように，出力関数として，正弦波，矩形波，三角波，パルス波を有しています．

さて，図のフリップフロップ回路の出力は，クランプ回路などの波形整形回路を通して，一定振幅をもった矩形波になります．

さらに，矩形波は，積分回路に入力されて，三角波に変換されます．

図1.76　低周波信号発生器のブロック図

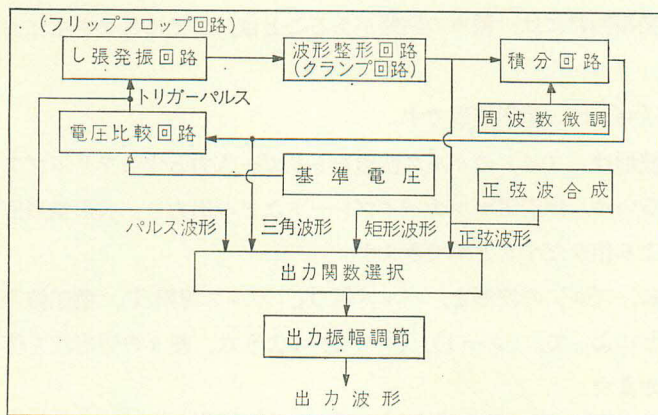
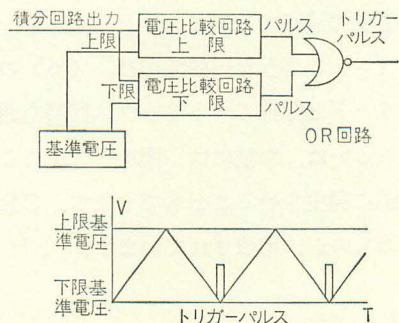



図1.77　電圧比較回路の動作

ところで，この積分回路の出力は，図1.77 のように単に電圧比較回路にすぎません．

基準の上限電圧，あるいは下限電圧と比較するもので，出力電圧が次第に上昇，あるいは下降していって，基準電圧と等しくなると，パルスが発生されて，このパルスがトリガーとなって，フリップフロップ回路が反転するわけです．

ですから，発振周波数は，積分回路の積分時間，または，入力振幅を可変することによって，可変できるのです．

C　電圧発生器

これは，信号発生器の出力電圧を一定電圧にし，安定にしたものです．

信号発生器には，その出力電圧，あるいは電流を，より精密に制御できることが要求されるだけでなく，その出力が非常に安定していることを，厳しく要

求されるのです.

電圧発生器には，標準電圧発生器とか，mV発生器などがあげられます.

たとえば，DC標準器は，標準電池を恒温槽に収納していて，その恒温度は±0.01°C程度という高精度です.

また，mV発生器は，シリコンツェナーダイオードを使った微小電圧発生装置ですが，最小設定目盛幅 1μV で，0〜50mV 可変，出力安定度は，電源電圧変動±10%に対して±0.002%以下，周囲温度変動±10°Cに対して±0.01%以下です.

■D　プログラム信号発生器

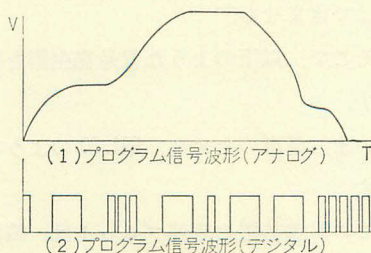
非常に高精度な信号発生器として，プログラム信号発生器があります.

プログラム信号波形は，図1.78 のようになります．図の（1）のようなアナログ的波形を，プログラム通りに自動的に出力する装置としては，簡単なものでは，タイマーとmV発生器の組合せによって，出力電圧を直接近似させてプログラムするものから，直角座標のカム板に，出力電圧を曲線的にプログラムして，それをサーボ機構によって追従して，その出力に比例したmV電圧を発生させるものまで，いろいろとあります.

また，図の（2）のようなディジタル的波形を，プログラム通りに自動的に出力する装置としては，紙テープリーダ，磁気テープなどのコンピュータ周辺機器をあげることができます.

さて，以上の信号発生器は，それぞれ，一定の信号を発生させるものですが，ランダムノイズ発生器も，ある意味では，非常に有用な信号発生器の一つです.

これは，エレクトロニクス回路の敵を，上手に逆手にとって利用するものですが，信号発生器の一つとして，忘

図1.78　プログラム信号波形

れてはならないものです．

あらゆるエレクトロニクス回路の血液ともいえる，こうした信号波形を自在に作りだす信号発生器は，さしずめ回路の心臓ということになるでしょうか．

このような信号発生器を，上手に組合せることによって，実にさまざまな機能をもった試験，実験装置が作られています．

たとえば，サーボ機構，プロセス制御装置などの試験や調整に利用したり，種々の振動現象の測定や解析，超多重ＰＣＭ通信や超高速トランジスタ論理回路の研究開発に利用され，また，ＬＳＩの動作試験や動作度の測定なども，信号発生器によって行なわれます．

それでは，以下，二つの信号発生器応用の実例をあげて，信号発生器理解の一助といたします．

E　信号発生器の応用例

（i）ＬＳＩテストシステムにおけるファンクションテスト

図1.79　テストブロック図

集積度が，ＩＣよりさらに向上したＬＳＩの試験方法で使われる例です．

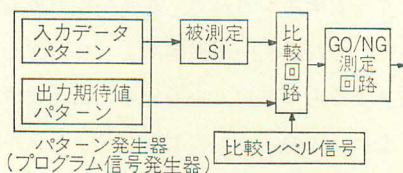
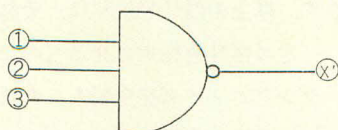
ＬＳＩの試験では，単に各端子からみた直流特性試験のみでは，論理的機能（ファンクション）を完全にテストすることはできません．

図1.80　３入力ＮＡＮＤゲート

そこで，以下のような信号発生器を使います．

いま，簡単のために，図1.80 のような３入力 NAND ゲートを検査するとします．

この試験装置の回路ブロックは，図1.79 のようになります．

さて，図の３入力 NAND ゲートのファンクションは，図1.81 のような真理

値になります．

この NAND ゲートの測定は，図の t_B を単位時間とするパターン列（プログラム信号）を，被測定素子に加えることによって行ないます．

すなわち，図1.80の，ゲート入力端子①②，③に，それぞれのデータパターン列①②，③を入力します．

そして，被測定素子の出力 X′ が，期待値パターン列Xとともに，比較回路で論理比較されて，良否の判定信号がアウトプットされるのです．

この場合の信号発生器は，以上から，プログラム信号発生器であることが分ります．

さて，実際の例では，たとえば5000素子を有するＬＳＩなどになると，単位時間10 msec程度のうちに，5000〜10000個のパルス列がプログラムされています．

（ii） **炉温の曲線カーブコントロール**

炉温を，複雑な温度カーブでコントロールする必要があるとき，図1.82のように，プログラム信号発生器を使います．

このシステムを説明すると，まず，目的のプログラムパターン通りに，プログラム信号発生器のカム板を刻みます．

このカム板を，信号発生器のトレースレバーが，時間とともにプログラムパターンを追従するにつれて，信号発生器に

図1.81　真理値表とパターン例

3入力NANDゲート真理値表

①	②	③	ⓧ
0	0	0	0
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
1	1	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	1

データパターン例　テストステップ数

1 2 3 4 5 6 7 8 9

① ② ③ ⓧ　tB

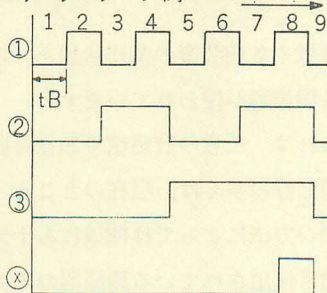
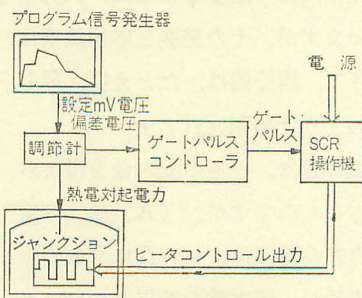



図1.82　炉温制御ブロック図

内蔵された基準電圧源から，プログラムパターンに比例したｍＶ電圧が発生します．

ブロック図の調節計がさらに，この変動する設定ｍＶ電圧と，炉温を検出している熱電対の熱起電力とを比較して，偏差電圧を出力するのです．

そうすると，ゲートパルスコントローラが，この偏差電圧にしたがって，ゲートパルスを発生し，このパルスが，ＳＣＲ操作器をコントロールして，ヒーターへの電力供給がコントロールされることになります．

以上二つの例にすぎませんでしたが，私たちの周囲を見まわしてみると，信号発生器が，有効に組込まれた装置を容易にみつけることができるでしょう．

2.3　調節装置としての電子装置

機械や各種装置の動作状態を，希望する状態に保っておくために，ここにあげる調節器が使われています．

これは，任意の設定値である目標値を，一定に保つものです．

調節器の多くは，現在のところ，プロセス制御に多く利用されていますが，利用の方法によっては機械にも十分適用できるものです．

通常使用されている調節器の入力信号はアナログ信号で，その出力信号は，アナログ信号の場合とディジタル信号の場合があります．最近のディジタル信号処理技術の進歩とともに，入力信号がディジタル信号である調節器も出始めていますが，その発展と応用技術は，今後に期待されるものです．

さて，調節器は，たとえば，図1.83のように使用されます．

図1.83　調節器の設置位置

この図は，一定の流水量を得ようとするものですが，（A）は，作業者の弁の操作によって行なうもので作業者が，流水量を監視しつつ，弁の開閉を手動で行ないます．

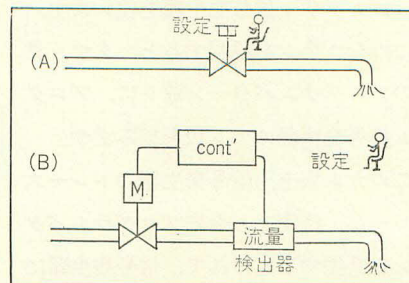
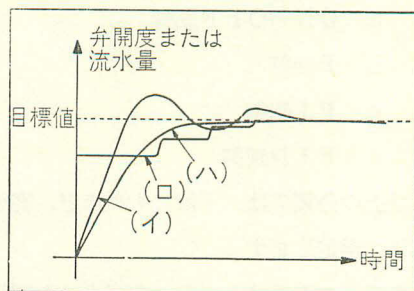
この場合，作業者は，まず，水の

停止状態から徐々に弁を開き，たとえば，図1.84 に示したいづれかのような経過をたどって，流水量の目標値へ，弁の開閉を操作することでしょう，

図1.84　目標値までの経過例

ここで，図の（イ）～（ハ）のいずれの方法をとるかは，作業指示書とか，作業者の経験によって行なわれます．

ところで，図1.83 の（B）は，調節器 Controller を設けたものです．この方法は，つぎのようになります．

まず，流量検出器の信号が，調節器の入力信号となり，調節器は，この入力信号と作業者が設定する目標値の信号を比較して，モーター弁を駆動して，目標の流量値に弁開度を保ちます．

ここで，図1.84 のどの経過によって目標値までもっていくかも，希望する経過を，調節器の選定によって，あるいは，調節器の機能選定によって，自由に得ることができるのです．

そうすると，図の（A）も（B）も，結果は同じように見えますが，たとえば，ある機械装置において，（ハ）の経過が経済的にも機能的にも最も望ましい，とした場合，調節器を使用すれば，常に作業者は，目標値を設定するだけでよくなります．

（A）の場合には，人間の経験にたよるのですから，同一条件の再現性がありません．

以上の例から，調節器が，人が設定する目標値と，入力信号を比較して，制御対象を一定の状態に，最もよい方法で保つものであることがわかると思います．

それでは，以下に，市販されている各種調節器を分類してみましょう．

(1)　調節機能による分類

a　ＯＮ—ＯＦＦ制御

b　Ｐ制御

c　ＰＩ制御

d　ＰＩＤ制御

(2)　構造による分類

e　目標設定の機構部をもつもの

f　全電子回路式

以上の分類では，下段のものほど，高精度，高価格になりますから，目的に応じて選定します．

さて，ここでは，ａとｅを組合せた調節器と，ｄとｆを組合せた調節器の例をあげて，調節器の理解の一助とします．

■A　ＯＮ—ＯＦＦ制御式調節器

これは，図1.85の動作状態図のように入力信号の大きさが，設定値以下あるいは以上のときに，出力を接点としてＯＮ—ＯＦＦまたは，電圧や電流が，継続する方式のもので，簡易形ながら，さまざまな限界設定や警報に利用できます．

図1.85　設定値と動作状態

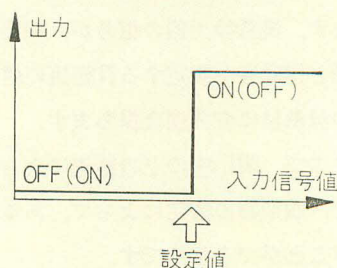
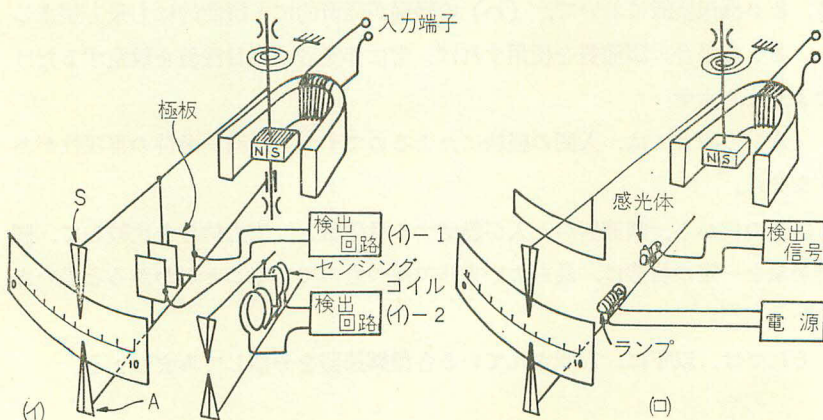



図1.86　指針を振らせて，変位を電気信号に変換する方法

この方法の設定値を基準とした入力の検出は，図1.86 のように，入力信号によって指針を振らせ，指針の変位を電気信号に変換するものです．

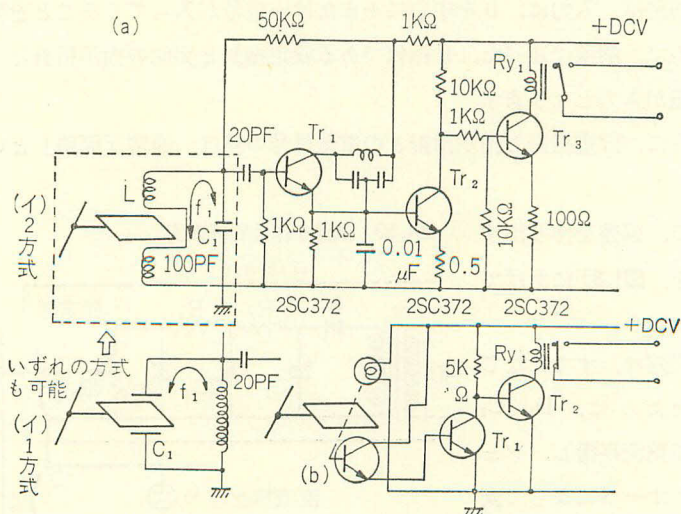
すなわち，図の指針Sが，入力端子に加えられる入力の大きさに応じて振られます．この指針の腕には，設定指針Aの腕に取付けてある二枚の電極板の間を通加するしゃ断金属ハクが取付けてあり，その通過によって，設定指針の電極間容量が変化するのを検出するわけです．

機構としては同じですが，図の（イ）—2は，設定指針にセンシングコイルを利用しており，これはコイルのインピーダンスの変化をとらえるものです．

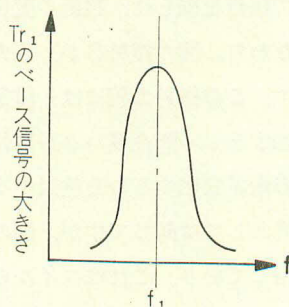
さらに図の（ロ）は，光学的に受光量を断続させて検出するもので，投光器としては，小型白熱電球，発光ダイオード，受光器として，フォトトランジスタ，CdS などを使います．

さて，検出回路と調節回路は，図1.87 のようになります．

この回路の（a）は，図1.86 の（イ）に相当し，（b）の回路は，図1.86 の（ロ）に相当する方式です．

図1.87　ON—OFF制御式調節器の検出回路と調節回路

この図で，（a）の回路では，Lあるいは C_1 が変化して，図1.88のように，発振周波数fが，f_1 値より大きい方または小さい方に変化することによって，Tr_1 のベース信号が低くなり，したがって，Tr_2，Tr_3 での増幅が低下し，リレー Ry_1 の断続を行ないます．

さて，図1.87の（b）の回路は，いうまでもなく，受光量の有無により，リレーを断続するものです．

図1.88　発振周波数の増減

B　全電子式ＰＩＤ調節器

第２巻172頁で，熱電対をセンサーとする，ＰＩＤ制御回路の考え方を，詳しく述べました．ここでは，回路のみを検討していくことにいたします．

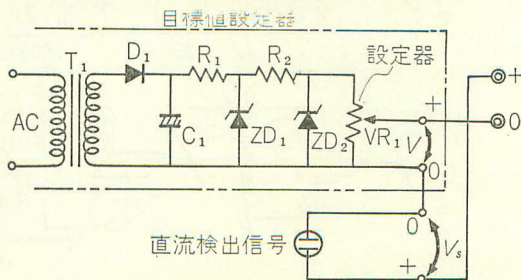
全電子式ＰＩＤ調節器の回路は，次頁図1.90のようになるでしょう．

この回路は，入力に，0を中心に＋または－信号が入ってくることを前提としたもので，前項で述べた，目標値である設定指針と実測の指示指針との電気信号の差が入力となります．

ちなみに，設定指針と指示指針との電気信号の差は，通常「偏差」といわれます．

ここで，偏差を作り出す回路例を，図1.89にあげておきましょう．

この回路は，すでになじんできたように，D_1，C_1 によって整流平滑し，ツェナーダイオードによって安定化された定電圧直流電源

図1.89　偏差を作る回路の例

を，VR_1 によって電圧分割して，出力します．

そうすると，その出力と，検出された信号 Vs が比較され，偏差信号端子である 0 と＋に，出力されるのです．

さて，この出力は，図1.90 の回路の入力となります．

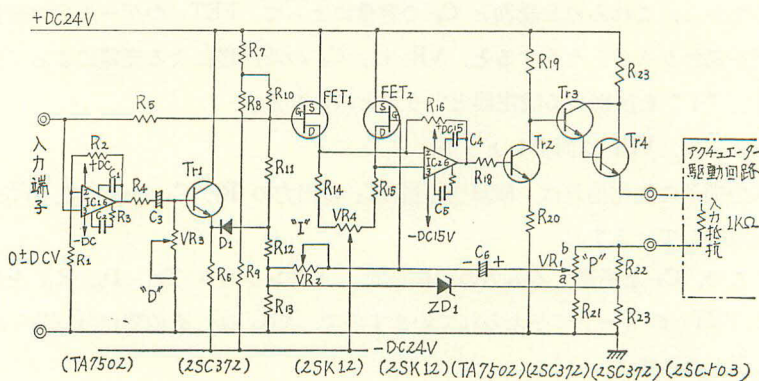
ですから，ここで，設定器 VR_1 による設定出力電圧よりも，出力電圧が低いときには，図1.89 の出力端子 0 に対する＋端子には，負の電位が生じて，それが調節器の入力信号となるのです．

さて，こうして図1.90 の入力端子に，負の信号が入ってくると，その信号は抵抗 R_5 を通して，FET_1 のゲートに印加されます．

ここで，FET_1 のドレインに接続されている抵抗 R_{14} には，ある規準値より少い電流が流れ，さらに，演算増幅器 IC_2 の入力端子 2 が，端子 3 に比べて高い電位であるとすれば，IC_2 の出力 6 は低い電位となります．

そうすると，それに続く Tr_2 のコレクタ電位は，高い電圧側に振り込まれるわけですから，Tr_3，Tr_4 によって，次段の入力抵抗 1kΩ には，大きな電流が流れようとします．

こうして，アクチュエータ駆動回路の入力抵抗に流れる電流が大きくなるに

図1.90　全電子式ＰＩＤ調節計

したがって，図1.89 のセンサーからの直流検出信号が増大することになります．

その結果，入力端子の偏差入力は，次第に０に近づいていくのです．

ここで，FET_1 のゲートＧは，R_5，R_6，R_7，R_8，R_9，R_{10}，R_{11}，R_{12}，R_{13} によって定まる電位と，VR_1 に流れる電流（入力抵抗 1kΩ に流れる電流は，R_{22}，R_{23} に多く流れ，VR_1，R_{21} に流れる電流は少ない）によって，C_6 を通して FET_2 のゲートＧの電位と比較されているのです．

こうして，FET_1 のゲートＧ電位と，FET_2 のゲート電位が比較され，その出力が，IC_2 の入力となっているのです．

さて，VR_1 の設定を，アース側（ａ側）に近く設定する場合には，入力端子の信号に対して，入力抵抗に大きな電流を流さないと，C_6 を通じて FET_2 のゲートに与えるための等価電位が得られません．

また，入力抵抗に近い方（ｂ側）に設定する場合には，入力抵抗に流れる電流の変化が少なくとも，等価電位が得られることになります．

ですから，VR_1 はここで，入力端子に入る信号の感度幅“Ｐ”の設定という機能をはたしていることになるのです．

ところで，コンデンサー C_6 は，入力信号に相当する FET_1 のゲートから，R_{11}，R_{12}，VR_2 を通して，その一側に接続がなされています．

ですから，これらのＲ総和と C_6 の容量によって，FET_1 のゲートＧの変化時間が変わります．そうすると，VR_2 は，C_6 の時間幅による充電によって偏差累積“Ｉ”を検出する設定器ということになります．

それでは，VR_3 は何でしょうか，

入力端子の変化信号は，演算増幅器 IC_1 の出力の R_3，C_3 を通して，VR_3 から放電しています．

ここで，C_3 を通過する入力の変化分は，トランジスタ Tr_1，D_1，R_{11} を通って FET_1 のゲートに与えられていますので，VR_3 は，その変化分“Ｄ”の設定器となります．

2.4　シーケンスプログラマーとしての電子装置

機械装置やプロセスの自動化において，シーケンス制御ということばは，機械技術者にとって馴染深いものとなっています．

シーケンス制御とは，「あらかじめ定められた順序にしたがって，制御の各段階を，ちく次進めていく制御」であると定義されます．

一般には，自動……機とか，人影のみえないところで，機械が一定の作業をくり返し行なっている場合には，この思想が必らず入っているわけで，身近な家電製品から，工作機械，工業プロセスに至るまで，規模の大小を問わず，極めて広く普及しているものです．

さて，シーケンスコントロールには，このような意味から，必ず時間的な要素が加わっているのが特徴で，そのための装置として限時装置が備えられています．

ここでとりあげるシーケンスプログラマーは，シーケンスコントロールにおける順序を設定する装置であり，制御信号の発生源といえるでしょう．

装置の動作，順序が常に一定で，かわらないものであるならば，プログラムの必要はなく，専用に装置制御部を製作すればよいことになります．しかし，工程によっては，任意の設定であるプログラムが必要となるでしょう．

シーケンスプログラマーには，外部から簡単に，そのシーケンスを選択設定できるような，スイッチとかピンなどが準備されていて，一つの時間幅の中に多数の動作の設定をすることができるのが特長です．

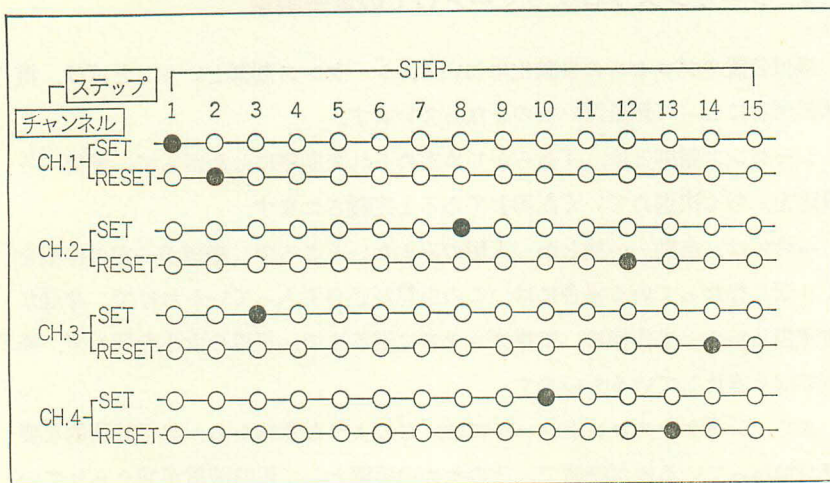
一定動作の繰返し時間や，ステップ数は，装置の規模により決定されます．

■A　簡単なシーケンスプログラマー

図1.91 に，そのプログラム方式の一例を示します．

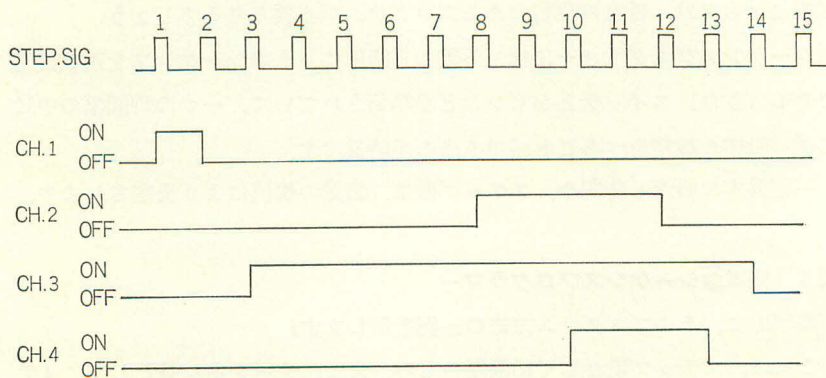
これは，ステップ数として15段階のもの，また，チャンネル数として，4チャンネルのものの例を示してあり，数が増える場合も，考え方は同じです．

ステップを横に，チャンネルを縦に，図のように配置して，その交点にたと

図1.91　プログラム方式の例，ピンボード

えば，ピンとかスイッチを設けて，シーケンスをプログラムします．

図で，各チャンネルにおけるＳＥＴと RESET は，ＳＥＴのステップ位置で起動，RESET の位置で停止を行なわせるものです．

この図のようなプログラムだと，これによって動作するリレーの開閉時間，

図1.92　上図によるリレーの動作

（ステップ）は，図1.92のONのときになります．

ここで，図1.91のCH1をみてください．

CH1では，STEP1にSET，STEP2にRESETとプログラムされています．

これを波形で表示すると，図1.92のCH1のようになり，リレーは，図1.93のように動作するのです．

図1.93　CH1のリレーの動作

これと同時に，CH2では，8でON，12でOFFとなります．このように各チャンネルでプログラムされる，そのON，OFFは，任意に，ほかのチャンネルと無関係に設定することができるのです．

それでは，図1.92のONとOFFが，どのように，その出力と対応しているのかを考えてみることにいたします．

ここでは，ステップの信号として，図1.92のSTEP SIGのような，短い信号が得られるものとします．

このステップ信号が，たとえば，CHIのSTEP1でSETされているとしますと，図1.93のSETの接点が閉じます．そこで，リレーが動作するのです．

このリレーRの動作は，図1.92の波形のONに相当しています．

さて，ここで，リレーRは自己保持して，自分の持つ接点 r_1 で閉回路を作り，SETの接点が離れても動作を継続しつづけます．

こうして，つぎに，RESETにプログラムされたステップの位置にくると，図1.92の，Nc接点を用いているRESETが離れて，Rの動作は停止することになります．

このように，こうしたプログラム装置は，リレーの自己保持作用を巧みに利用して，出力側にリレーのON，OFF信号を取り出しているのです．

ここで，ピンを挿入したときの回路の動きを述べておきましょう．

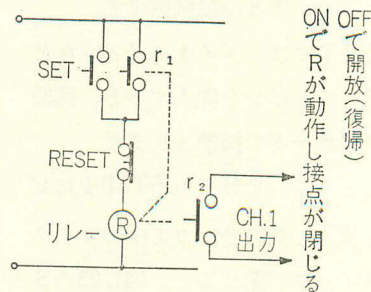



図1.94 は，ＳＥＴについてのマイクロスイッチとの接続例です．

ＳＥＴには，ダイオードピンなどを用いて，ピンを挿入すると，回路がダイオードで接続されます．

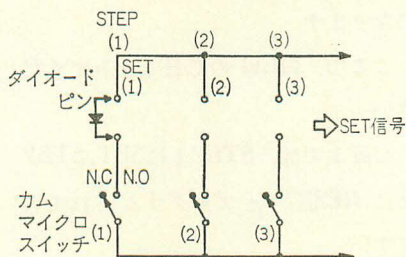
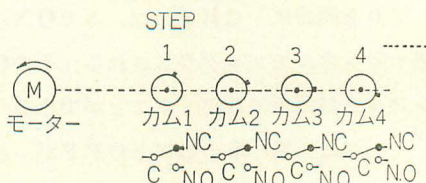
たとえば，ＣＨ１のSTEP１にピンを挿入した場合，カム(1)のマイクロスイッチが閉じると，図1.93のＳＥＴの状態になります．

ピンは，ダイオードピンでなくても，短絡するだけでも動作は同じですが，市販の装置には，ダイオードピンを使ったものが多いようです．

さて，STEP SIG を取出す方法は，たとえば，図1.95 のような方法を用います．

図1.94　ＳＥＴとマイクロスイッチの関係

図1.95　ステップシグナルを取出す方法

これは，電源周波数に同期したモーターMが回転すると，その軸に取付けられたカムが回転するものです．マイクロスイッチは，この１回転を15段階にそれぞれ配分されたタイミングに応じて，短時間動作するのです．

■B　シーケンスプログラマーの選び方

シーケンスプログラマーは，その用途に応じて，実に各種のものが作られています．市販のユニットを購入する場合でも，専用に製作する場合でも，つぎの仕様が基本になるでしょう．

(a)　チャンネル数

同時間帯に，何種類の制御を行なわせたいかにより決まります．たとえば，10，15，20チャンネルなどがポピュラーです．

(b)　ステップ数

これは，チャンネル数と相互関係にあるわけで，チャンネル数が多いということは，それだけ様々なステップを制御する目的ですから，ステップ数も，それに応じて増えます．ステップ数とチャンネル数は，同じと考えてよいでしょう．

（c）ステップ速度

出力としてリレーを動作させる場合には，リレー動作時間がありますから，あまり速くはできません．

また，制御対象によっては，１日（24Hr）の繰返しで行なうときなどは，１ステップが１時間程度という長い時間も考えられます．

ステップ速度は，モーターが行なう場合には，ギヤで制御しますが，連続的に可変することはできません．この場合，電子タイマーを使えば，連続的に可変することもできるようになります．

（d）プログラム方式

SET，RESET を決める方式ということですが，スライドスイッチとか，ピンボードによるピン方法などがあります．できるだけ確実で，簡単のものほどよいということです．

（e）出　力

リレー接点で出力を得る場合には，接点の開閉容量，接点数，メークかブレイク接点か，その遅れ時間はどの程度か，ということなどが，出力のポイントです．

また，電圧出力で出力を得る場合には，ＡＣ，ＤＣの区別，電圧値，最大電流容量，立上りと立下り速度などがポイントになります．

（f）タイマー方式

同期モーターによるもの，あるいは，ＩＣやトランジスタを使った電子式カウンターを利用したものなどがあります．

前者は，簡単な構造で，主に機械的構造に重点が置かれています．後者は，やや高度で，複雑で精密な時間設定ができるものです．

（g）安全対策

とくに，停電のとき，これらのシーケンスがどのような動作になるかについて，制御対象とあわせて考えておきます．

また，誤動作のときの対策，外部よりのノイズによる誤動作の対策，故障時の対策なども，あらかじめ考えておかなければならないのは，いうまでもありません．

（h）その他

つぎの諸点に注意して選定します．

a　繰返しか，または1回のシーケンスのみでよいか，それらが選択できる方式か

b　動作を確認する表示装置が必要か

c　リレーの場合，動作寿命はどのくらいか

d　モーターの場合，50Hz/60Hz の区分

e　制御対象により，遠隔操作になるか，機械に組込みか

f　プログラマー自体の電源が，内臓か，またはほかの機器と併用か

■C　プログラマーの用途

シーケンスプログラマーは，これを独立した装置として考えると，その用途は限られたものにみえますが，いわゆるシーケンス制御の一部として考えれば，きわめて広範囲に利用されているのが分ります．

電子回路においても，たとえば，電子計算機では，クロックと呼ばれる，非常に高精度の時間発生器をもっていて，これを基準にして，全ての演算処理が行なわれています．これなどは，シーケンス制御の最たるものでしょう．

すなわち，一定の順序に従って動く機器，たとえば，事務機械，工作機械，トランスファーマシン，選別機，土木機械，自動販売機，電話交換機，プロセス制御装置，送電・配電制御，自動車の組立てライン，自動組立機……など，その用途にはきりがありません．

第1話 § その3

電子装置の使い方

☞ 制御装置を組立てるとき，自らの技術を駆使して回路を製作してみるのも，経験としては貴重なものとなるでしょう．

しかし，電子装置の分野では，すでに本書で述べてきた基本回路をもとにした専用技術を駆使した，関連の専門会社が数多くあり，それらの製品は，特性，信頼性において，優れたものが多いのです．

専門会社においては，その装置の試作，実験，設計，製作，検査などにおいて，専従のスタッフをおいて，技術の発展に努力しているのですから，これらの市販されているセット（つまり電子装置）を利用しない手はないでしょう．

3.1 目的にあった電子装置を選ぶ

市販されている電子装置を，上手に利用することは，制御装置組立ての上で，非常に大切なことなのです．

というのは，市販されている電子装置を使えば，その製作会社の技術を学ぶことができるという点，また，制御装置製作の時間を短縮できるという点，また，製作コストの低減にも，相当のメリットを期待できるのです．

こうしたことから，どんな制御装置を作る場合にも，一度周囲を見まわして市販の既成装置がないかどうか，調べてみたいものです．

ここでは，こうした市販ユニット（電子装置）の利用技術について述べていくことにしましょう．

A　市販の電子装置の分類

まず，市販の電子装置の分類をしておきます．

市販されている電子装置の分類

分類	装置	分類	装置
電源装置	交流定電圧電源装置 直流定電圧電源装置	パルスカウンター	プリセットカウンター ディジタル表示カウンター
増幅器	直流増幅器 交流増幅器	ディジタルメーター類	パルスカウンター フリケンシーカウンター ディジタルボルトメーター ディジタルタイマー
信号発生器	低周波～高周波の各種信号発生器 超音波発振装置	検出器	投受光検出器 近接スイッチ 放射線検出器 赤外線温度計
記録計	X―Yレコーダ 折紙，巻紙，円板型各種記録計	その他	工業用テレビジョン（ITV） 数値制御装置，シーケンスプログラマー
調節計	ON―OFF調節計 PID調節計		
波形観測器	オッシロスコープ シンクロスコープ オッシログラフ		

B　市販の電子装置を使う前に

さまざまな電子装置を，確実に使いこなすためには，それぞれの電子装置に対して選定を行なう下地がなければなりません．

以下，常識的なことですが，選定に際して大切な点をあげておきます．

（i）市販品にあるものは，自作するな

現在のように，技術進歩のテンポが早い時代には，いちいち市販品にあるものを自作していたら，確実に遅れをとるでしょう．

どんどんと市販品を使いこなします．そうすることによって，テンポの早い技術革新に対応していくことが可能となるのです．

（ii）　仕様を満足するものは，必ず市販品にある

私たちは，本書を通して，エレクトロニクス装置の基本を身につけました．この基本知識を援用すれば，さまざまな形で伝えられる電子装置の情報も，理解して整理することができるでしょう．

ある場合には，必要な仕様を満足する市販品が，なかなか見出せないことも必ずあるでしょう．しかし，根気よく探せば，大抵の電子装置はみつけることができるはずです．

一週間の開発設計を行なうよりも，一週間の情報調査を行なって，市販品をみつけた方がよいのです．

（iii）　制御装置のシステムの見なおし

システムの構想はまとまった，さて市販品を利用したいが，その電子装置がどうしても見出せない，ということも（ii）と裏腹に，必ずあるものです．

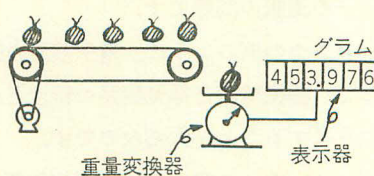
そのようなときには，その専門メーカーと技術接衡をしてみたいものです．そうすると，構想の若干の変更さえ行なえば，利用が可能になるというケースも大変多いのです．

専門メーカーは，それなりのよいアイデアを持っていますし，ユーザーによい情報を与えてくれるものです．

（iv）　制御装置の仕様の再確認

電子装置を選ぶにあたって，要求されている仕様を，必要十分に満足しているか，ということは，その選定の中心となるでしょう．

たとえば，図1.96 のような，物品の重量選別機あるいは重量指示計の場合の仕様とは，どのようになるでしょうか．

図1.96　電子装置の仕様とは　例 1

コンベアーで運ばれてきた物品は，計りに乗って，内臓された重量変換器によって，重量──→電気量に変換され，その電気量がディジタルに表示されます．

この装置の要求される仕様は，物品の重量の計測精度を何桁までとるか，ということになります．

図1.97　電子装置の仕様とは　例 2

また，設計上の仕様は，重量変換器の電気量の精度と重量表示の桁数が，同程度であること，ということになります．

要求される仕様ということで，もう一つ図1.97のような例をあげてみることにしましょう．

これは，湯槽の温度調節装置です．この装置における要求される仕様は，温度の調節精度は，何度プラスマイナス何度に調節されなければならないか，ということです．

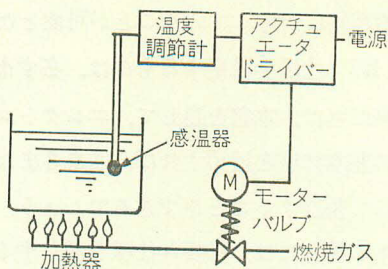
また，設計上の仕様は，温度調節計の検出精度，制御方式，およびアクチュエータドライバー，モーターバルブは，どのような仕様にするか，ということになります．

最初の例は，重量変換器の電気的分解能と表示器の桁数の問題であり，また選別する回路方式の選択の問題です．

つぎの例では，湯槽の温度調節精度による，温度調節計やアクチュエータドライバーの選択の問題です．

以上の二つの例のように，電子装置の選定に際しては，まず必要な仕様を明確にして，機械精度と電気回路の精度との関連も含めて，あいまいな点を残さないようにすることが大切なのです．

（v）　メーカへの電子装置の製作依頼

市販品に見出せない，新しいアイデアによる電子装置の開発が，新しい分野への次のステップになります．

製作したい新しい機械の制御部の一部，あるいは，制御装置全体を開発依頼することが，自已の技術の向上とともに起ってくるでしょう．

メーカに，開発依頼をするには，依頼する方も，かなりの技術を蓄積してメーカをバックアップするような体勢を作らないと，実りあるものは生まれにくいのです．

3.2　検出器と電子装置の接続方法

各種の検出器と，市販の電子装置を接続して，増幅や調節，記録，測定をしようとするときの接続の方法について，この項ではとりあげていきます．

検出器については，すでにさまざまなものをとりあげてきました．それらを整理すると，次のようになります．

(1)　マイクロスイッチなどの接点信号をとり出すもの……ＯＮ－ＯＦＦ出力

(2)　熱電対など，微少電圧をとり出すもの……………………　電圧変化出力

(3)　タコメータジェネレータのように，制御回路電源のＤＣ5～200Ｖ程度に相応する電圧をとり出すもの ……………　電圧変化出力

(4)　フォトトランジスタのように電流の変化をとり出すもの……………………………………………………………　電流変化出力

(5)　測温抵抗体のように抵抗値の変化をとり出すもの…………抵抗変化出力

つまりこれらは，次のようにまとめられます．

（Ａ）　抵抗の検出

（Ｂ）　電圧の検出

（Ｃ）　電流の検出

この（Ａ)～(Ｃ）の検出方式は，それぞれ市販の電子装置に，どのように接続したらよいのか，次に説明していきましょう．

■A　抵抗の検出と電子装置への接続

（ｉ）　入力端子に測定抵抗を接続させる方法

図1.98 は，入力端子に，測定抵抗 Z_r を直接に接続させたものです．

図1.98　抵抗値の検出と電子装置への接続

A端子には，直流電源または交流電源（電圧 E_V）を接続して，かつ，小抵抗値（抵抗値 r）の抵抗を接続します．

そして，B端子を，増幅器Aで増幅する方法です．

このとき，増幅器Aの入力電圧 Ei は，次の式で計算されます．

$$Ei=\frac{r}{Z_r+r}E=\frac{1}{\frac{Z_r}{r}+1}E$$

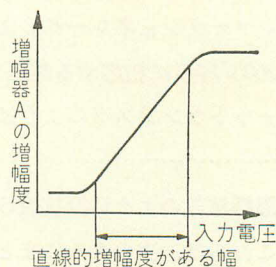
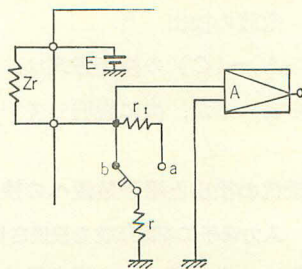
この方法による抵抗値の検出には，次のような特徴があります．

a，通常，小抵抗rは，測定抵抗 Z_r の測定値の幅が，小抵抗から大きな抵抗までの対象とするので，かなり小さな値の抵抗とします．

b，Z_r が，r に較べて大きい抵抗のときには，小抵抗 r の両端電圧 Ei は，微小電圧となり，増幅器Aで増幅することになるのですが，Z_r が r に較べて小さい抵抗のときには，Ei は，かなり大きな電圧となりますので，増幅器の入力の電圧に対しての，増幅器の直線性の幅が，広く必要となります．

図1.99　増幅器の増幅特性

図1.100　検出抵抗 r の切換え

増幅器Aの増幅度特性は，図1.99 のように，通常直線性を有する部分は，特性

曲線の一部であることが普通で，測定に有効に使われる範囲は，この直線性のよい部分となります．

入力電圧の幅の広い直線性を有する増幅器を作ることは難しいので，測定する抵抗値の幅によって，検出抵抗 r の値を切換えたりします．

そうした例を，図1.100に示します．

この図で，測定抵抗 Zr が小さいときは，スイッチは，b 接点で使用し，大きいときには a 接点を使用します．

c，図1.98 からわかるように，測定抵抗 Zr には電流が流れています．通常，微小電流で測定するのですが，測定抵抗自体はこの電流によって発熱します．

抵抗体は，その抵抗の構造にかかわらず，温度が上昇すると，抵抗値が増加して，真の値が測定できません．

したがって，この方式では，この温度上昇による測定誤差が，必ず含まれると考えてください．

（ii）**ブリッジによる検出方法**

図1.101の方法は，抵抗のブリッジによる検出方法です．

このうち，測定抵抗は Zr です．

そのほかの Za，Zb，は，それぞれ，測定器内部に設置された固定抵抗で，Zc は調節抵抗，A は増幅器です．

増幅器Aの出力は，さらに，検出メーターに接続されています．

図1.101　ブリッジによる検出方法

さて，Zr は，調節抵抗 Zc が検出電圧 $Vi=0$ とするときの，Zc の抵抗値の読みによって，次のような数式によって求めます．

$$Zr=\frac{Za}{Zb}\times Zc$$

ここで，Za，Zb は固定値なので，普通 Zc は，既知の精密抵抗を使って，切換えて，出力メータ

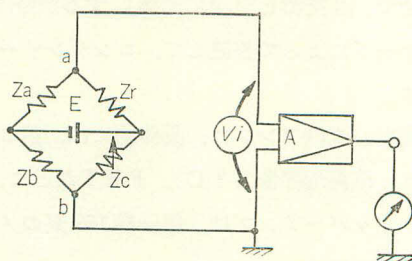
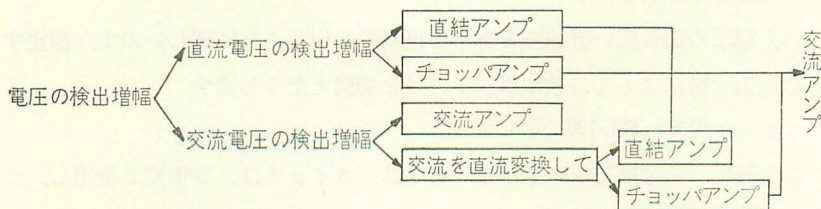



図1.102　検出電圧の増幅方法

ーを0にして，その値を読みとります．

B　電圧の検出と電子装置への接続

図1.103　交流を直流変換する回路

前項の抵抗の検出では，電子装置内部では，抵抗値の変化を，電圧の変化にして検出しています．

ですから，考え方としては同じです．

直流電圧の検出増幅方法としては，次の二つの増幅に分れます．

a，チョッパーアンプによる方法

b，直結アンプによる方法

ところで市販の電子装置では，交流電圧にしろ，直流電圧にしろ，接続としては，図1.102の増幅方法の，いずれかの方法が採用されています．

図で，「交流を直流に変換」する回路は，たとえば，図1.103のように，ダイオードによって整流して，コンデンサーに蓄電した直流電圧を検出し増幅します．

図で，直結アンプは，具体的には，第二巻151頁で述べたように，トランジスタ，演算増幅器（ＩＣ)，ＦＥＴなどによって増幅します．

チョッパーアンプは，第一巻159頁のメカニカルチョッパーを利用することが多いのです．

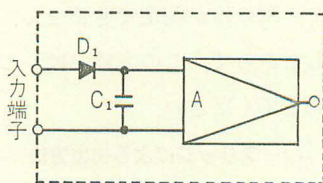
交流アンプについては，第二巻142頁の回路が使われます．

また，図で，直結アンプ，交流アンプ，チョッパーアンプは，それぞれ，第二巻で述べた増幅回路が使われますが，これらに共通していえることは，検出する電圧の範囲ということです．

図1.104　アッテネーターを内臓

すなわち，各電子装置の入力端子に与えてよい電圧以上の電圧を検出増幅する必要があるときは，高い電圧を，適度な低い電圧に変換しなければならない，ということに注意しなければなりません．

そのためには，図1.104のように，抵抗によって電圧分割をするアッテネーターを，アンプに内臓させます．

さて，交流電圧の検出，増幅のための電子装置の接続は，次のようになります．

（i）　**平均電圧の検出，増幅**

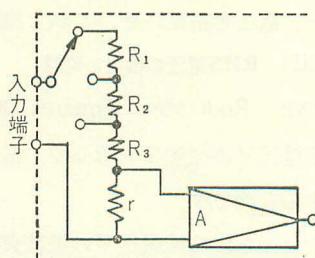
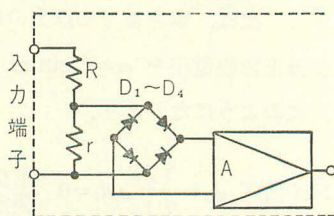
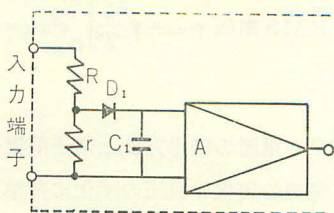
たとえば，正弦波のOV中心の波形は，真の平均電圧はOVであるが，絶対値の平均値が，電気作用としては，正弦波形のVp（ピーク電圧）の約0.636倍の電圧に相当するということを，第二巻62頁でお話しました．

図1.105　平均電圧の検出，増幅法

こうした平均電圧の検出，増幅は，図1.105のように，R，rによるアッテネーターで出力を減衰させて，ダイオードブリッジで整流して増幅します．

図1.106　ピーク電圧の検出，増幅法

（ii）　**ピーク電圧の検出，増幅**

たとえば，ＡC100V の正弦波交流のピーク電圧Vpを検出する回路としては，図1.106の方法を利用します．

これは，R，r によるアッテネーターでの減衰出力を，D_1 を通して，C_1 にピーク電圧を蓄電させ，これを検出，増幅するものです．

(iii) **RMS電圧の検出，増幅**

RMS (Root Mean Square) 電圧は，交流電圧Vの発熱を利用して，電圧を検出するものです．

すなわち，交流電圧Vの抵抗負荷Rオームに対する消費電力は，V^2/R となり，発熱します．

ここで，発熱に寄与する電圧，

$$\sqrt{\Sigma V^2}$$

図1.107　**RMS電圧の検出，増幅法**

を検出するため，図1.107のような回路を使用するのです．

図のように，アッテネーターの出力を，保温器の中の発熱体Hによって発熱させ，発熱温度を熱電対 Th_1 によって起電力測定して，増幅します．

さて，次に，参考までに以上の例の計算式をあげておきます．

交流正弦波電圧を $e_t = E\sin\omega t$ と表示するとき，数値が 1サイクルにおいて，次のようになります．

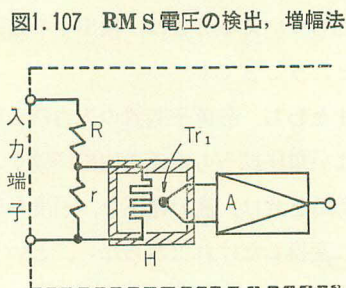
・平均電圧 $e_m = \frac{1}{T}\int_0^T e_t d_t = 0$　平均電圧の測定では $\frac{1}{T}\int_0^T |e_t| d_t = \frac{2}{\pi}E$

・ピーク電圧 $e_p = E$

・RMS電圧 $e_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T e^2_t d_t} = \frac{E}{\sqrt{2}}$

■C　電流の検出方法と電子装置への接続

電流の変化を電圧の変化に変換して検出します．

その方法としては，図1.108 のように，抵抗 r を使いますが，抵抗 r は，外部

回路の妨げにならないよう，微少抵抗値の抵抗体を使います．この両端の電圧を検出するわけです．

また，別の方式としては，すでに熱電対の項でも述べましたが，微少抵抗の電流計（可動コイルまたは，可動鉄片式メーター）の指針の振れの大きさを検出する場合もあります．

図1.108　電流の検出，増幅法

さて，以上のように，電子装置の入力端子には，種々の回路の入力回路構成がなされますが，各電子装置には，必ず次のような仕様が明記されています．

そこで，これらの意味について，説明しておきましょう．

1，AC，DC　：交流用か直流用か，または両用かを示す．

2，MAX INPUT（最大入力）　：装置の安全範囲，精度保持の上で，入力回路に対して与えてよい最大の電圧，電流を示す．

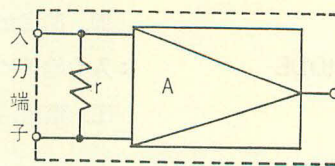
3，入力インピーダンス：入力端子の外部から，装置内部の回路は，何オームに相当する負荷となるかを示す．

4，バンド幅（周波数帯域）　：交流の場合などの測定に対して，検出する精度を保証する周波数の幅を示す．

5，感度　：装置の保証精度を保ち，検出，また感応しうる最小の入力信号の値を示す．

6，Polarity（極性）　：入力端子に，＋，－の指定がある場合の指示．

7，シャーシとのアイソレーション　：入力端子の一端がシャーシと接続されているかどうかを示す．入力端子部の計測回路がシャーシと絶縁されているものを，フローティング入力端子ということもある．

8，耐（電）圧　：フローティングしている入力端子に接続してよい接地電位からの電位，または，入力端子に加えてよい最大電圧を示す．

9，チャンネル数　：入力端子の組の数で，通常その組の数だけ検出，制御，測定などの回路が構成されている．

10，MODE　：入力端子に接続してよい電気信号の種類を示す．電圧，電流，抵抗など．

3.3　電子装置と出力装置の接続

電子装置によって駆動される出力装置を，制御方式によって分類すると，次のようになるでしょう．ここでは，それぞれの制御方式ごとに，電子装置と出力装置の接続方法を考えていくことにします．

A，ＯＮ—ＯＦＦ制御型出力装置

B，位置制御型出力装置

C，パルス位相制御型出力装置

D，インダクタンス制御型出力装置

■A　ＯＮ—ＯＦＦ制御型出力装置との接続

ＯＮ—ＯＦＦ制御型出力装置の代表例として，次のものを考えてみます．

（ｉ）　電磁開閉器

ＯＮ—ＯＦＦ制御の代表的な出力装置で，電子装置の制御信号により，ＯＮまたはＯＦＦの位置をとり負荷電流を制御します．

最も安価ですが，機械的に1,000万回以上，電気的に100万回以上というように寿命が決められています．

（ii）　水銀リレー

ON—OFF 制御はおいては，大きな瞬時電流が流れたり，開閉器の振動，騒音，火花，チャタリングなど，好ましくない現象があります．これらの点で水銀リレーは問題ありませんから，以上の現象が問題になる場合に利用します．

（iii）　無接点開閉器

逆並列に接続された２個のＳＣＲとダイオード，抵抗，コンデンサーで構成した回路で，ＳＣＲのゲートとカソード間に電流が流れているとき，負荷回路

に電流が流れます．

小型，軽量で，寿命が長く，ＯＮ―ＯＦＦ制御には最適です．

(iv)　**電磁弁**

液体，気体の流量制御に用いられ，制御信号によって瞬時に全閉，全開します．水，油，蒸気，空気，真空などの種類に応じて各種のものを選択します．

さて，これらのＯＮ―ＯＦＦ型出力装置と電子装置を結びつけるには，図1.109のような接続をします．

図1.109 は，電磁開閉器の場合ですが，無接点開閉器の場合には，図1.110の接続をします．

これらはいずれも，電子装置からの制御信号ＯＮ―ＯＦＦにより，負荷電源をＯＮ―ＯＦＦ制御します．

両図ともに，温度制御の例ですが，電子装置によって設定された温度以下では，電子装置の出力は，ⓐ，ⓑ間を短絡する信号となり，設定温度を越えたとき，ⓐ，ⓑ間が開放され，図1.109 の場合には電磁開閉器を開閉させて，温度制御を行ないます．

図1.110 の場合には，電子装

図1.109　電磁開閉器と電子装置の接続

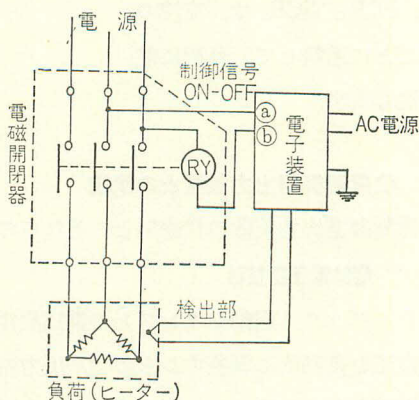
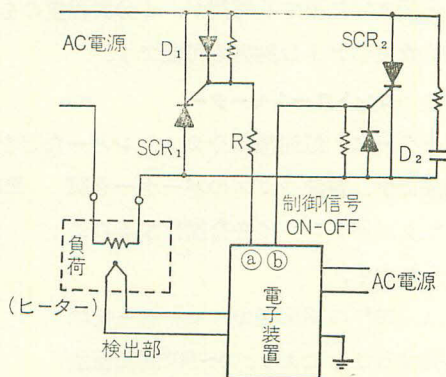
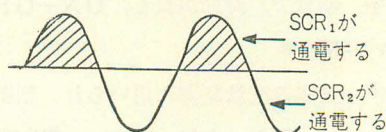



図1.110　無接点開閉器と電子装置の接続

置の出力が，ⓐ，ⓑ間を短絡しているときには，交流の各半波は，

D_2⟶R⟶SCR_1 のゲート，

D_1⟶R⟶SCR_2 のゲートの

経路で，ＳＣＲにゲート電流を流し，SCR_1，SCR_2 は，交流の半波ごとに通電して，負荷に電流を流します．

図1.111　ＳＣＲの通電

■B　位置制御型出力装置との接続

位置制御型出力装置の代表例と，それらの接続方法は，次のとおりです．

（ｉ）　電動電圧調整器

スライダック（摺動トランス）の電圧設定部をモーターで摺動させ，負荷回路の電圧を自動的に調整するもので，出力の直線性がよく，負荷変動や温度変化の影響をあまり受けない利点がありますが，摺動部の刷子が摩耗するため，使用頻度に合せて定期的なチェックが必要です．

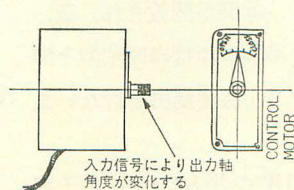
（ii）　電動弁

モーターで弁を開閉し，各種液体，気体の流量を制御するもので，弁の全開から全閉までに要する時間が，１分間程度のものもあり，ＯＮ―ＯＦＦ制御や中間位置でのＰＩＤ制御も可能です．

（iii）　コントロールモーター

モーターに，減速機構やカム，レバーなどを組合せて使うもので，図1.112は外観図です．重油やガスのバーナーを駆動したり，バタフライ弁を操作するのに用いられます．

弁は，90°の開閉型で，モーター電源を制御することにより，0～90°間で任意の位置に設定することも可能で，ＯＮ―

図1.112　コントロールモーター

ＯＦＦ制御もＰＩＤ制御もできます．

ところで，位置制御型出力装置は，閉回路自動制御系に最も多く用いられています．

さて，これらの位置制御型出力装置と電子装置との接続は，次のようになります．

図1.113　電位差計式位置制御

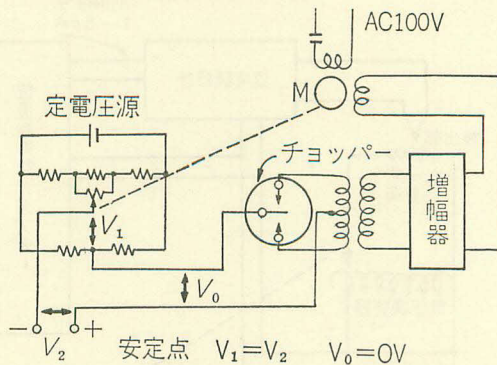



図1.113 は，直流電位差計式制御の場合ですが，たとえば，温度制御系などでは，１～５ｍＡ，４～20ｍＡ，負荷抵抗1.5kΩ というような制御信号 V_2 と，標準電圧 V_1 とが，電位差計式に接続されて，その差電圧 V_0 を，チョッパーで交流に変換し，増幅器で増幅し，モーターを駆動するものです．

ここで，モーターは，すべり抵抗と結合しており，V_1 が V_2 に等しくなるように，つまり，$V_0=0V$ になるように働きます．

図1.114 は，直流ブリッジ式制御の場合です．

サーミスタ，測温抵抗体などの温度制御に用いる抵抗体 Rx を，R_1, R_2, R_3 のブリッジ回路に接続し，ブリッジの不平衡電圧を増幅して，モーターを駆動し，ブリッジの平衡点で静止させます．

モーター軸が回転することにより，電動電圧調整器（摺動トランス）を動作させ，電圧を可変したり，電動弁を駆動して，流量制御などができるわけです．

このように，モーターを，位置制御出力装置の駆動部として接続させることによって，閉回路自動制御系として，電子装置からの制御信号に

図1.114　直流ブリッジ式位置制御

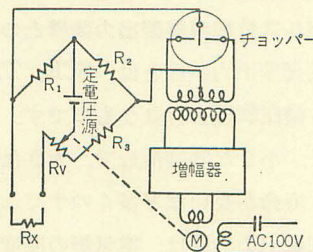
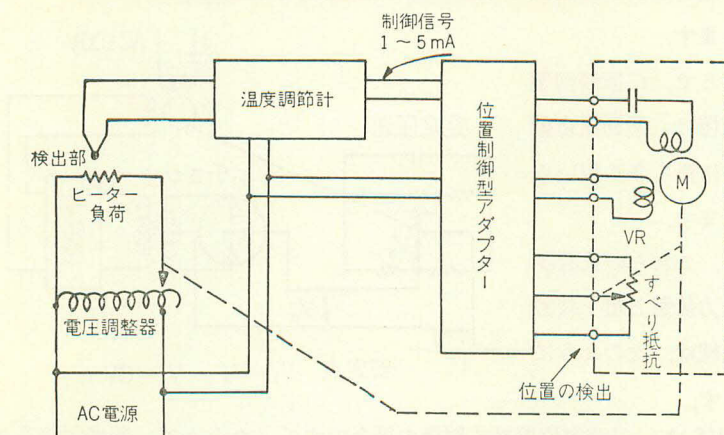



図1.115　温度制御のための位置制御出力装置との接続

よるＰＩＤ制御も可能となります．

さて，位置制御型出力装置として例をもう一つあげておきます．

図1.115は，電動電圧調整器を用いた温度制御系です．

すなわち，温度調節計で設定された電位と熱電対出力電位とを電子装置が比較し，ＰＩＤ制御出力を電位差計式制御アダプターに出します．

さて，位置制御出力はモーターに与えられ，これによって負荷電圧が制御され，昇温，降温がなされて，一定温度に制御することができるのです．

図中のVRは，すべり抵抗器で，これは，モーターの回転角（数）と連動して動作するもので，位置信号を，電位差計に，フィードバックする役目をしています．

■C　パルス位相制御型出力装置との接続

位相制御型出力装置とは，SCR，TRIAC などを使って，負荷電源の位相制御による電圧調整を行なうものです．

これは，小さな制御信号で，大きな負荷電力を制御でき，小型，軽量，騒音がない，寿命が長いなど多くのすぐれた特長をもっています．

位相制御出力装置は，電気炉の温度制御，量産機械の速度制御，高周波発振

図1.116　位相制御回路

機の出力制御などに用いられます.

さて，ＳＣＲを使った位相制御回路を，図1.116 にあげました.

また，図1.116 の回路の各部の動作は，図1.117 のようになります.

それでは，この回路を簡単に追ってみることにしましょう.

電子装置からの制御信号は，一般に，１～５ｍＡまたは，４～20ｍＡ，出力インピーダンス1.5kΩぐらいです.

さて，この制御信号によって，差動増幅器ＩＣ　ＴＡ7502 Ｍを駆動し，R_1，R_2，VR_1，VR_2，D_1～D_4，C_1，C_2 からなる移相回路を，トランジスタ Tr_1 からの制御信号によってコントロールすることで，ⓐ部の位相を電源位相に対して，変化させます.

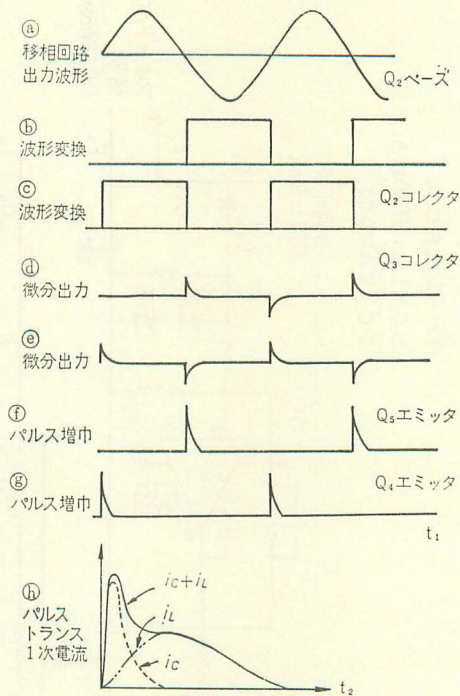
図1.117　図1.116におけるパルスの発生

さらに，トランジスタ Tr_2，Tr_3 で矩形波に変換して，ⓑ，ⓒの波形を得ます.

さらに，Tr_2，Tr_3 のコレクタ電流は，Ｃ－Ｒ の微分回路によって，ⓓ，ⓔのような微分出力を得て，Tr_4，Tr_5 でパルス増幅し，ⓕ，ⓖの波形を得ます.

このパルスによって，SCR_1，SCR_2 を駆動することになるのです.

さて，Tr_2 のコレクタ，ベース間の抵抗 VR_3 は，矩形波対象調整用です.

こうして，SCR_1，SCR_2 がＯＮすると，C_3，C_4 側を流れるピーク電流の大きいパルス電流 i_C と，C_5，C_6 側を流れる幅の広いパルス電流 i_L とが重ね合

わさった，波形ⓗのような i_G+i_L の電流が，パルストランスの１次側に流れることになります．

ここで，トランスの２次側には，ＳＣＲを点孤するためのパルス出力（幅100 μS 以上，ＲＧ20Ωにおいて，せん頭電流値 0.5～0.6A）が得られるのです．

さて，この回路は，図中のリレーＫによって，さまざまに利用ができます．

たとえば，リレーＫを動作することによって，Tr_4，Tr_5 のコレクタ電圧を０として，出力パルスを停止させるような緊急停止機能を持たせることもできます．

また，遅延回路やタイマーを使って，リレーＫの動作を遅らせることによって，電源投入時より希望するだけ遅れて，制御回路が駆動を開始するような使い方も可能なわけです．

さて，それではここで，図1.116 の位相制御回路を使った，一つの例をあげて，その接続のあり方を考えてみることにしましょう．

次頁 図1.118 は，直流モーターを，一定の速度で回転させ，歯車機構により物を一定速度で移動させる位相制御型自動制御系の例です．

この回路を，以下追っていきます．

電子装置で設定された信号（ＤＣ１～５ｍＡ，R1.5kΩ）によって位相制御回路が駆動し，SCR_1，SCR_2 のゲートと電源の間には，図1.119のような信号が与えられ，トランスの１次側には，この制御された電圧が加えられます．

次に，これを整流，平滑して直流出力を得ます．

ところで，この直流電圧の大きさは，ゲートパルスを，電源電圧の位相に対して，どこで発生させるか，ということで決まります．

さらに，直流出力は，抵抗分割により，F_1，F_2 端子を通してフィードバックされ，出力は，定電圧化されます．

さて，ここにあげた例では，負荷変動によるモーターの速度変動は，タコメータジエネレータにより検出され，さらに電子装置にフィードバックされて，制御信号をコントロールします．

こうして，モーターに印加される直流電圧を変化させて，モーター速度を一

定に保つのです．

ところで，この回路は，モーター速度を，タコメータジェネレータでフィードバックすることによって，閉回路自動制御系となっています．

図1.118　位相制御型自動制御系

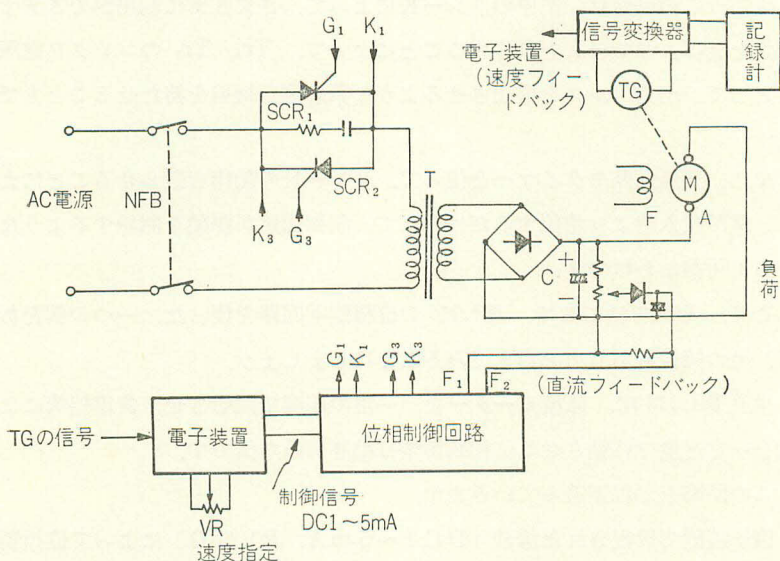
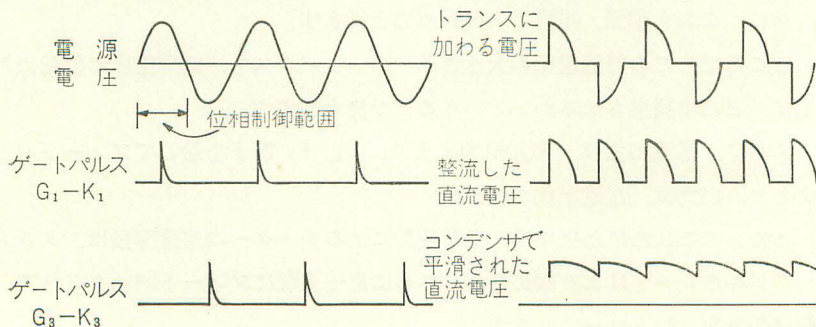



図1.119　図1.118の各部の出力波形

■D　インダクタンス制御型出力装置（可飽和リアクター）

可飽和リアクターは，小さな直流制御電流で，そのインダクタンスを変化させ，大きな負荷電流を，連続的に制御するものです．

無接点で，寿命も長く，環境変化に強い利点がありますが，重量が重くなるのが難点です．

用途として，電気炉の温度制御，メッキ電源の電流制御などに使われます．

3.4　電子装置と電子装置の接続

複雑な電子装置は，一般には各ブロックに分けられて，ユニット形式に収容されています．

電子装置を相互に接続する場合とは，こうしたユニット間の接続がまず考えられるでしょう．

さらに，装置の調整，修理，点検などを行なうために，電圧計，電流計，オッシロスコープなどの電子装置を接続させることも，日常茶飯事です．

電気は，機械部品の結合のように目にみることがむずかしく，そのために，相互接続部において，誤動作や故障の原因があった，ということもよくあることです．

数値制御システムのような，非常に複雑な，さまざまな機能，要素が組合わさり，接続された装置を考えてみるまでもなく，小さなものでは，テスターの接続方法一つにも，それなりの接続方法の注意があるのです．

ここでは，まず，電子装置を接続する場合の注意点と対策について，考えてみることにしましょう．

■A　接続するアースは同じ電位になってもよいか，筐体がアースになっているか

筐体間は，一般に，アース線（普通の電線でもちろん可）で結ぶのが原則です．

これは，各筐体の中で，交流電圧を整流し，直流電圧を得ている場合などで

は，筐体自体が電気を帯びるため，2個以上の筐体を相互接続するときには，筐体間の帯電の程度が異なることもでてきます．そうすると，筐体間で相互に，電位差をもつことになります．

こうした電位差があることは，好ましい状態ではなく，たとえば触れたときなど，ビリビリくることによってわかります．

そこで，アースを，各筐体間で同一にすれば，電位を同一に保つことができるわけです．

また，アース線には，相互に電流が流れるわけですから，高圧の装置の相互接続とか，交流の場合などには，その場合に応じて太い線を用いるなど，注意が必要になります．

さらに，図1.120のように，1つの電源から多くの装置に供給されている場合には，アースは電源で共通になりますから，比較的この電位差の問題は少ないのですが，図1.121のように，たとえば市販の計測器には，それ自体の内に電源を有し，独立していますから，図のように，アースを同一にして

図1.120　1つの電源装置の場合

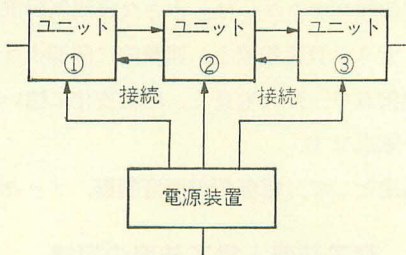



図1.121　電源が独立している装置の場合

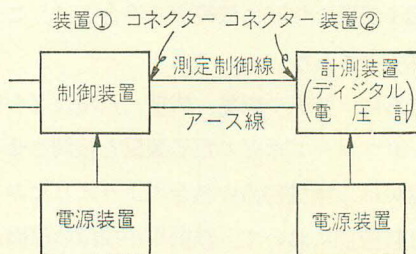
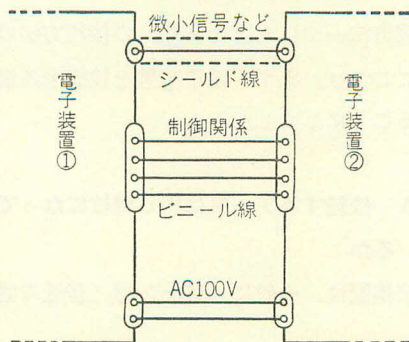



図1.122　信号によりコネクタを分割して，配線を変える

おくことは，大切なことになります．

■B 接続する装置の信号は，交流か直流か，パルスか，そのときのレベルはどの程度か

信号のレベルが小さいときは，接続線は短い程よいのです．

つまり，シールド線，同軸ケーブルなどは，線が長すぎると，雑音を拾ったり，パルスのときには，その方法が悪いと，波形がくずれることもあります．また長すぎると，信号のレベルも減衰してしまいます．

さらに，接続する部分に，交流と直流，高圧と低圧などがあるときには，図1.122のように，極端に異なる信号を同じ場所に集めないようにします．

■C 接続する装置の入力と出力の回路構成はどのようになっているか

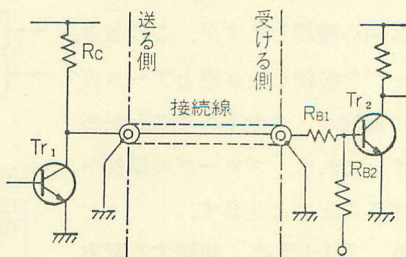
電子装置を相互に接続したために，レベルが変化し，誤動作することがあります．

これは，たとえばＩＣによる回路では，TTL IC5Ｖ用なら，それに同一機能のＩＣで送受を行なえば問題はありません．

また，送る側は，受ける側の装置を接続すると，電流を消費することになるため，それだけの電力余裕が必要になります．

これは，一般に，トランジスタなどの負荷が多くなると，そのトランジスタの消費電力も大きなものとなるのと同じです．

送，受の関係では，一般に受の側が，送の側の電源から，ある程度の電流の供給を受けるのが普通で，たとえば，受ける側の端子間に抵抗を接続するだけでも，これに電圧が印加され，余分に電流が

図1.123 接続すると電流が並列に流れる負荷

流れるわけです．

この場合，送の側より送られるのですから，当然送の側の電源の負担が大きくなるわけです．こう考えてみると，単に装置間に電流が流れるということも総合的には，送る側のバイアス電源からこれらは供給されているのです．

また，トランジスタでもＩＣでも，その最大の消費電力として，○○mWというように，電力で示されています．

したがって，最大消費電力の範囲内で電力余裕が必要ということなのです．

さて，図1.123をみてください．図中，受ける側の回路 R_{B1}，Tr_2 に流れる電流に相当する負荷は，送る側にとっては，R_C, Tr_1 に流れる電流との並列の負荷に相当します．

そこで，こうした場合には，接続が行なわれても，相互に動作が正常となるようなレベルになるように，抵抗の値を十分考えてみなければなりません．

また，図1.124は，オッシロスコープで波形をみる場合です．

このようなときには，図のように，プローブアース線は，筐体その他のアース線へ接続しますが，このとき，プローブを接続したａ点とアース点の間の電位が，多少下がることがあります．これは，プローブの抵抗が影響することによります．

また，図1.125は，接続する双方にＩＣが使われている場合です．

こうしたときには，図のように，

図1.124　プローブ，アース間の電位が下がることがある

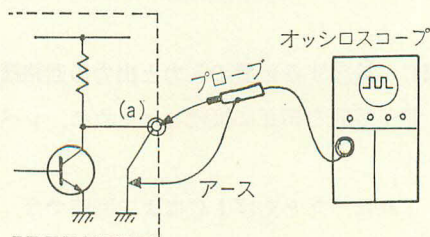
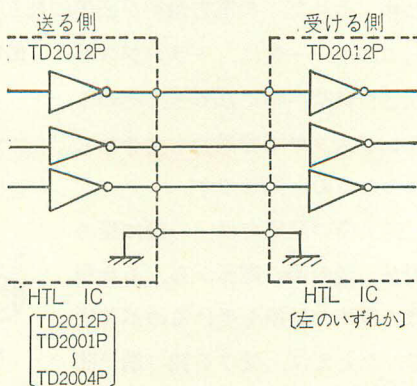



図1.125　同種のＩＣを用いる

同じ種類，または同じ用途のＩＣを用います．

あるいは，同じ電圧で動作するＩＣを用います．

どうしても異なってしまう場合にも，相互の機能に影響を与えないように配慮しなければなりません．

図1.126　1端子に多数の接続

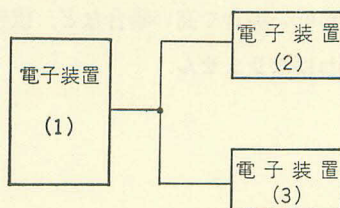



図1.127　送る側と受ける側

D　1つの出力から多数の接続を行なう場合

図1.126 のように，１つの出力端子に，多数の端子を接続するようなときです．

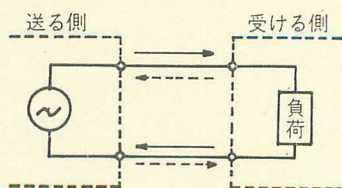
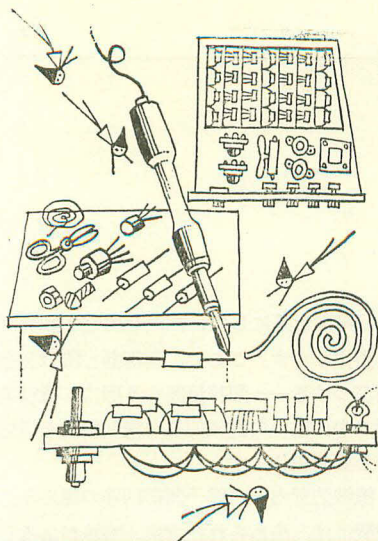
たとえば，１つの端子に，波形をみるためにオッシロスコープ，電圧をみるために電圧計，さらには，その出力をほかの制御装置へ接続する，というような場合には，前項Ｃと同じように，主となる電子装置に電力余裕があること，あるいは，接続する機器が，影響を与えないこと，また，機器相互の干渉がないように，注意しなければなりません．

電子装置を接続する，ということは，コネクタを用いて，あるいは線材により結合することです．

そして，いわゆる送る側と受ける側があって，ここでは，いかなる場合においても，電気の流れる経路，つまり，閉回路が形成されていなければなりません．

たとえば，図1.127 でいえば，送る側に最低限２端子，受ける側に，２端子必要で，そうして電気が流れる，ということになるのです．

これは，１つの回路においてもいえることですが，その回路の延長と考えて取扱うことが，ポイントになるのです．

長く引き延ばせば，問題も生じます．

そして，電気の流れ方には，非常に高い周波数の場合や直流のような場合，電圧が低い場合や高い場合など，接続には，その電気の性質を十分吟味して取扱わねばなりません．

ELECTRO-NICS

疑問にこたえる
機械のエレクトロニクス・3
≪機械応用編≫

第2話 電子装置は いかに組立てるか

「本書もいよいよ最終章にまで進んできました．第1巻「エレクトロニクスとは何か」から始まり，前章までで，エレクトロニクスの正体は，ほぼ明らかになってきました．

現実に職場でエレクトロニクスと取組んでいる人，あるいは今後取組もうとする人，読者はそれぞれの思惑をもって読み進んでこられたと思います．

さて，前章までで，例えば設計，製作，運転，保守など，機械技術者が当面する身近なエレクトロニクスについて，いわばその理論的正体を明らかにすることに努めてきました．本章では，その理論的な正体を，実体のあるものに仕上げていく方法，またはそのときの注意について述べていきます．この章で述べる組立，実装の方法，および注意などについては，他にはあまり述べられていませんが，エレクトロニクスの理論を活かすも，殺すも，ここにかかっています．ではラストスパートをかけ，進んでいきましょう．

第2話　§その1

実装の方法

回路図を基にして，回路を組立て制御器を製作します．ここで，制御器と機械とを結びつける――配線接続する際に，機械装置の中に種々の電気部品や電気装置を組込む必要が生じます．

機械装置内への電子制御回路の組込みや配置には，決められた方式，方法があるわけではありませんが，慣習として使われている方式を整理してみるとある程度の分類ができます．この慣習は，回路の特徴や部品の仕様に合った取扱いをするために生みだされてきたものに他なりません．

そこで，しばらく機械内への回路の組込み，回路部品の組込み――電装品の実装について，一般的な習慣，注意を述べてみましょう．

1.1　機械と制御装置の配置

すぐれた装置は，必ず機械と制御装置の配置が，うまく工夫されています．それは，つぎのような点を，十分に配慮してあるからなのです．すなわち…………

（a）制御装置は，できる限り小型，簡単にすること．

（b）制御装置と機械との間は，できる限り少い配線で接続されていること．

（c）制御装置の外環境は，その使用部品の耐力の弱さから，機械の耐環境対策に比し，充分な環境保護がなされていること．

（d）制御装置の操作機器の操作がしやすいこと．

（e）　故障の時，原因が機械側か制御装置側か，判別しやすいこと．また，制御装置部，機械部それぞれの保守点検がしやすいこと．

これらの条件を念頭に，常に配置上の考案がなされていなければならないことになります．次に，各種具体例を示していきましょう．

■A　テーブルトップ型機械と制御装置

ある場合には専業の座作業，もしくはその機械の加工時間が長い用途の場合には，数台を一作業者が操作できるようなもので，作業机の上に設置しうる程度の小型の機械を，テーブルトップ型の機械と呼びます．ではその典型を図 2.1 に示し，説明していきましょう．

図中斜線は，機械の操作部品取付部を示します．図で，Ⓐは，制御装置が機械の中に一体に組込まれている場合です．この場合，制御装置は機械内にパネル取付けされたり，制御筐体が押込取付けされます．

もし，作業操作に支障を与えない場合であるならば，Ⓑのように，機械部からはなして制御部のみ別筐体として取付けることも可能で，こうすればⒶの場合と異なり，機械部と制御部との寸法のとり合いもなくなります．

Ⓒは，機械部と別に制御部を設けたものです．これで，制御部の内部の回路規模が大きくなった場合には，Ⓓのように機械部のテーブルトップ型に対して制御部のみ床設置式にすることになるでしょう．

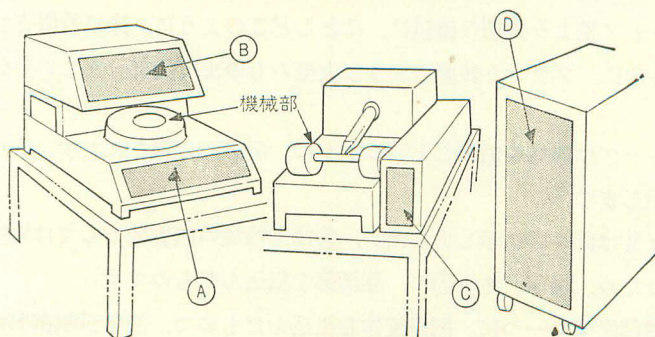
図 2.1　テーブルトップ型機械と制御部の配置

さて，これらⒶ～Ⓓについて，長所・短所を整理すると，**表2.1**のようになります．

表 2.1　機械部と制御部の組合せの長所と短所

	Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓓ
（長所）	・装置全体がコンパクト ・運搬，移動に便利 ・量産機種用に適する	・装置全体がコンパクト ・運搬，移動に便利 ・多台数設置の時一列に並べると操作盤上で動作状態が見やすい ・制御回路に空間的余裕がとれる	・故障の際，機械部全体もしくは制御部で互換性あり取替迅速 ・制御部または機械部のみ集中設置できる ・機械部，制御部のそれぞれの改良，発展を別々にしていきやすい	・Ⓒに同じ
（短所）	・組立てが難しい ・割に保守点検難	・機械操作と制御器操作の間の操作性の関連づけが難しい （機械部上での制御部操作の危険性など）	・Ⓑに同じ	・機械一制御部間配線の処理を要する ・運搬，移動が不便

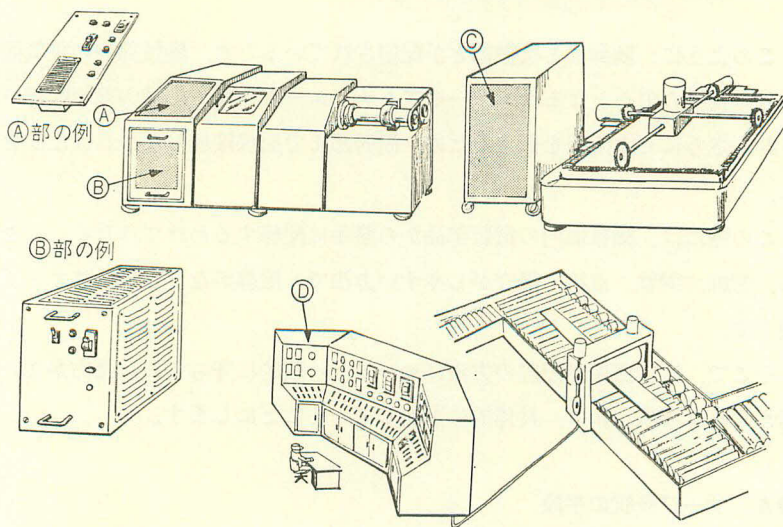
■B　床上設置型機械と制御装置

テーブルトップ型より大型の機械は，ほとんどこのように，床に設置される機械です．さらに，プラント装置のような大型のものまで大部分がこの分野に入ります．

テーブルトップ型機械の制御部と同じように，配置上分類されます．それらを図 2.2 に示します．

図中，ⒶとⒷは同一図に示しましたが，Ⓐは，機械の制御部としては規模が小さくてすむため，操作パネルⒶに，制御部を組込んだものです．

Ⓑは，機械部筐体の一つに，制御筐体を組込んだもので，筐体が制御部のみ

図 2.2　床上設置型機械と制御装置の配置

で構成され，機械部と分離できるものです．

Ⓒは，制御部が機械部から独立した筐体で，一つのユニットにまとめられているものです．ここで，Ⓐ，Ⓑ，Ⓒは，それぞれ機械部の操作範囲とは独立した行動範囲で操作してもよいことが共通の条件となります．たとえば，旋盤などの加工物を，目で監視しつつ制御操作を行なう場合には，Ⓐ，Ⓑ，Ⓒは適しませんが，ＮＣ化された旋盤などの加工機械に対しては適合していることになるわけです．

Ⓓは，機械部とは分離した制御盤の場合です．これは，機械部を集中制御する必要のあるとき，または機械の設置環境から，制御部を近接して設置することが好ましくない場合などに適用されます．

このような例として，屋外設置のプラント設備，清浄な雰囲気中で機械を動かす薬品，食料品，あるいは写真工業などの暗室内作業を要する機械，高温高湿雰囲気内に機械を設置せざるを得ない場合などのように，機械と隔離して制御部が配備される場合をあげることができるでしょう．

1.2　機械内部配線の方法とポイント

このように，制御部と機械部とが配備されているとき，機械部内の電気回路信号の授受の中心となるセンサーやアクチュエーターは，機械内部で配線がなされ，さらにその情報を伝えるため，制御部まで配線接続しなければなりません．

この際には，機械部内の電装部品から勝手に配線するわけではなく，そこには，配線，調整，点検，保守がしやすい方法で，配線がなされていることが必要です．

そこで，次に機械内配線の方法について，一般的に守っておいた方がよいと考えられる事項を掲げ，具体的に説明していくことにします．

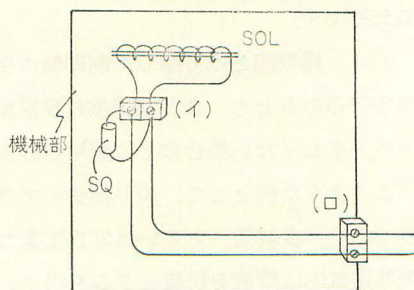
■A　サージ吸収の手段

交流または直流用アクチュエータの中で，ソレノイド類は電源のしゃ断時にサージ電圧を発生し，回路を通して他の回路の誤動作を起したり，発生源に配線した近傍の配線に誘導信号を発生し，誤動作を発生させる原因となりがちである，ということはすでに第1巻196頁に詳しく述べました．

このため，このような誘導負荷アクチュエータについては，その近くにサージ吸収用部品を取付けます．

たとえば，図2.3のようなアクチュエータとして，ソレノイドＳＯＬが取付けられた機械では，ＳＯＬの近くにハーモニカ端子盤(イ)を設け，サージ吸収用部品ＳＱを取付けます．

この場合，機械と制御部との接続用の端子盤（ロ）があるからといって，ＳＱを(ロ)まで引きのばした配線のあとでそこに取付けたりしては

図 2.3　サージ吸収素子の取付け位置

いけません．

というのは，図 2.3 についていえば，ＳＯＬによって発生するノイズは，サージ吸収素子ＳＱが近傍端子（イ）に取付けられていれば，そこで消去されますが，たとえば端子(ロ)に取付けたとするならば，ＳＯＬ⟶(イ)⟶(ロ)間でサージ信号の吸収がなされるため，たとえば(イ)，(ロ）間に介添線があったとすればその介添線にサージ信号が誘導されてしまう恐れがあるからなのです．

■B　点検を容易にする手段

アクチュエータやセンサーの配線には，図 2.4 のように，必ずチェック用端子を設けます．アクチュエータやセンサーのリード線を配線にハンダ付けしたり，テープ被覆してしまうことは避けなければなりません．

もしハンダ付け，テープ被覆さざるを得ない場合に

図 2.4　チェック用端子の設置

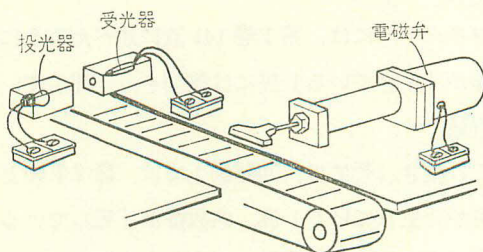
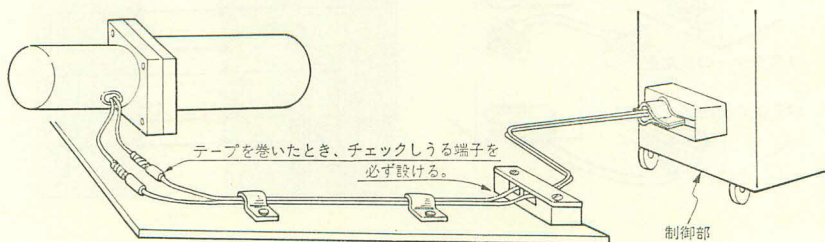



図 2.5　テープ被覆，ハンダ付けの時も端子をつける

も，図 2.5 のように制御部へ接続する配線の中間に，必ずチェック用端子を一カ所は設けたいものです．

これらの端子は，回路点検や部品劣化時の交換に大いに役だつことになるでしょう．

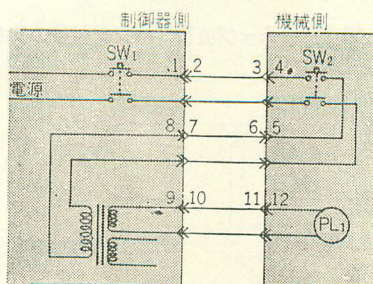
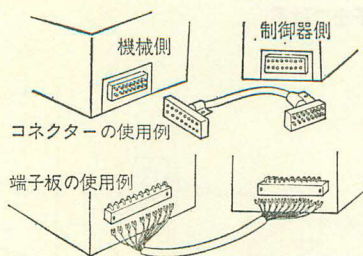
チェック用端子としては，第1巻140頁にすでに紹介した端子台の外，各種の部品が市販されています．

C　接続端子の取付け法

機械部と制御部とを接続する配線の箇所は，なるべく一カ所にまとめ，機械部や制御部側の出口，入口は，図 2.6 のように，必ず端子板またはコネクターを取付けます．

コネクターには，第1巻 141 頁に述べたように，雄型と雌型とがあります．電源が「生きている」線には雌型を，「死んでいる」線には雄型を使用するのが普通です．

この生き，死には，回路図上では，図 2.7 のように表わされます．図中，奇数番が「生きている」側，偶数番が「死んでいる」側というわけです．この雄雌型の使い分けは，取扱いの安全上からきているのはいうまでもありません．

図 2.6　コネクター，板子板の取付け　　図 2.7　コネクター雄雌の表示法

■D　シールドの扱い方のポイント

センサーとアクチュエータとの配線では，必ず分割して束線しなければなりません．また同様に，微少な電流，電圧の配線には，使用箇所によりシールド線を使用し，アクチュエータ動作信号が，センサー配線へ誘導を起こさぬよう注意してください．（シールド線については .第1巻139頁参照）

その理由として，ここでノイズの発生する線と，ノイズで影響を受ける線について考えてみましょう．

一般的に，大電流の通電線と小電流の通電線があるとき，電流の変化によって線の外部へ発生するノイズは，通常大電流の変化が大きいほどその発生は大きくなります．また，ノイズの大きさが一定であれば，そのノイズに対して，線内の電流が小さいほど，信号の比（ノイズ信号／線内電流信号）は大きくなります．

したがって，ノイズの障害を防ぐ方法として，

(ｉ)大電流線にシールドを行なって，ノイズが外部へ影響しないようにする

(ii)小電流線にシールドを行なって，ノイズが内部へ影響しないようにする

この二つが考えられるわけですが，ノイズが必ず発生すると考えられる発生線（たとえば高周波大電流線）にシールドを行なっておくような例を除けば，通常はノイズの障害を受けてほしくない小電流線にシールド線を用いて障害を防ぐのが普通です．

シールドおよびシールドの接地は，こうして誘導されたノイズを流しおとして，シールド内の小信号電流線に影響が伝わるのを防ぐという大事な役目をはたすわけです．

ですから，個々のシールド線は確実に接地すると同時に，シールド線相互も必要によりハンダ接続をしなければなりません．

■E　束線の方法

機械内での配線の束線は，できるかぎり電装部品取付け位置と機外接続コネクターまたは端子板との至近経路で，かつ機構部品の動作のジャマにならない

部分を通し，かつ適当な間隔で束線された配線を，固定していきます.

■F　配線の色別

配線は，色別を行ないます．ただし，回路上の同一線は同一色としておくと便利です．また，一般には，紫，黒は接地線，赤色は電圧印加線として使用されています．詳しくは，後で述べることにいたします．

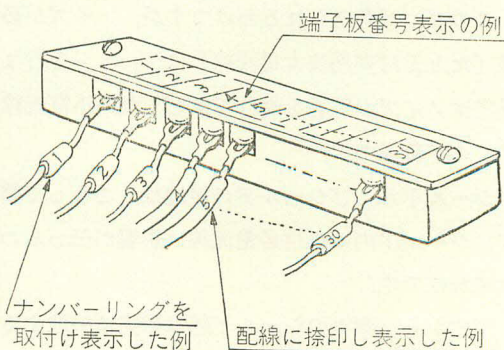
■G　防滴，防油の方法

機械内の油滴の多い場所などを通す配線は，コンジュット管内を通して，配線材料の劣化を防ぎます．ただし，コンジュット内を通す配線の許容電流は，低くなることに注意してください．

コンジュット管とは，配線を保護する金属管で，伸縮する円環状のものと，固定の円管とがあります．

■H　端子盤を適宜設ける

配線の接続を行なうアクチュエータやセンサーの箇所，コネクター，端子板の箇所における配線の末端には，回路配線図の線番に相当する番号をつけます．同様に，端子板番号についても，図 2.8 のように番号をつけたいものです．

図 2.8　端子板の番号表示例

1.3　操作盤の配備

通常，操作盤は，機械に対して，非常停止押ボタンスイッチ，緊急停止押ボタンスイッチおよびその解除スイッチの取付けを除けば，一カ所にまとめられ

ているのが普通です．

ただし，大型の機械については，操作盤が分割されて設置される場合もあり得ますが，この場合には，機械もブロックごとに分割されていて，それぞれのブロックの単独運転が可能である場合が多いようです．

しかし，操作盤が分割されている場合には，他のブロックの機械の運転状況が，それぞれの操作盤に表示されて，機械相互の運転状況が確認できるようになっていなければなりません．また機械相互の安全運転のロジックが組まれていなければなりません．

ここでは，ある一つの操作盤を例に，各種の操作器，表示器，安全器をどのように配備し，操作性を向上させ，安全作業のしやすい状況を作りだすかについて，一般的な注意をあげてみましょう．

一般的には，操作盤上での操作スイッチおよび表示器等の配置は，機械の配置，動作状況に沿った幾何学的配備にすると便利です．

図 2.9 のコンベアー操作器の例について考えてみましょう．

ワークWは，コンベアー CONV.１上を，矢印の方向に，受光器ＰＳ１が感知するまで送られてくると，突出しシリンダーＣＹＬ１によって，コンベアーCONV２上に移され，ＰＳ２の確認をとった後，ＣＹＬ１は戻ります．

CONV２の上では，ＰＳ３による個数確認，およびＰＳ４によって位置確認され，スタンプがＣＹＬ２によって押された後，作業者ＯＰ１はスタンプの良

図 2.9　ものの流れと操作盤の配置

否を判定しスイッチ１を押します．

ＣＹＬ３は，CONV２からCONV３への移し替えシリンダー，CONV３は次のステーションへワークを搬送する機械を示しています．

このような場合，CONV２の運転状況は，ＯＰ１に確認が委ねられ，この部分の制御器は作業者ＯＰ１の近くに設置されることになるでしょう．

図2.10　操作盤の表示例

さて，ＰＳ１～ＰＳ４および，ＳＷ１の各種センサーの検出結果は，CONV１～３およびＣＹＬ１～３のアクチュエータ動作の確認信号のロジックを構成する電気信号となり，操作盤に表示されます．

ここで，操作盤の表示は，図2.10のように構成してみました．

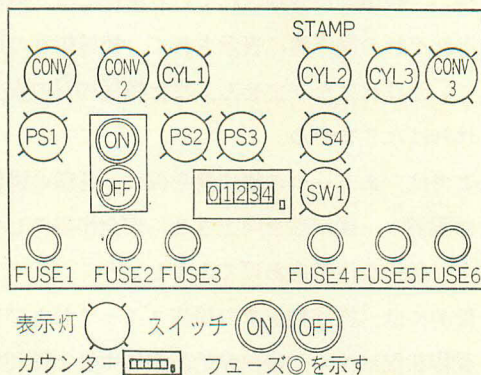
この例では，それぞれのセンサーＰＳ１～４の表示を，ベルトコンベアーの動きの順に設置して，作業者の確認しやすさに工夫しています．

つぎに，操作盤の表示について，一般的な注意事項をあげてみました．

（ｉ）　操作盤は，なるべく分散せず，特殊な場合を除いて一カ所にまとめること．また，操作および監視がしやすいこと

（ii）　上から，または横へ，表示灯，指示計，操作スイッチ類，フューズの順に設置すること

（iii）　操作スイッチの相互間には，最小50mmくらいの間隔をあけ，誤操作の起こらないようにすること

（iv）　表示灯，指示計器類には，銘板または刻印を付し，機械動作の何であるかを，明示すること

（v）　パワーアクチュエータの電源回路には，必ず個々にフューズを挿入し，交換しやすいこと

（vi）　表示灯は，点滅の状態が判別しやすいこと

（vii）　スイッチのレバーの転倒側に対する機械の状態が，明示されていること

（viii）必要の場合，非常停止灯，運転時警報灯を，機械側の要所に取付ける

1.4　機械内電装部品の取付け

機械に取付けられ，組込まれる電装部品については，それぞれの部品について，その扱い方，仕様などが明記されたカタログが製作されています．しかしながら，ある一つの部品をとっても，その使用法は，幾百通りもあり，ちょうどよい最適の使用法がカタログに掲っていることは，むしろ少ないようです．

メーカでは，一つの商品について，一応予想される使用形態に準ずる用法や各種のデータを記載していますが，すべてに渡って掲載してあるなどということは，ありえないことです．

読者の中にも，一商品を選択し，使用する場合に，あれこれと考えをめぐらし，カタログからその用法の適否を考慮しつつ，一端の心配を残したまま使用する場合が少なくないのではないでしょうか．

そして，使用してみた結果，何かのトラブルが発生し，そのメーカと細部に渡って接衝を進めてみた結果，用法の誤りであったことに気づかれる，という経験をされた方もいらっしゃると思います．

結局，ユーザーは，ある製品を使用するとき，単にカタログからその製品の寸法，電気特性などばかりでなく，その製品のメーカが，製品をどのような目的で，どのような構造に製作したかまで十分理解し，不明点については十分メーカと接衝した上で使うという態度が必要です．

電装部品の選定には，その取付けについての十分な知識が必要です．その知識とは何か，以下に述べていきましょう．

■A　電装機器部品は，交換しやすいように取付ける

機械内に取付ける電装機器部品は，一般に，その外形寸法の大きさの割に構成部品点数が多いのが普通です．

たとえば，マイクロスイッチ，ソレノイド，電磁弁などは，機械部品のシャフト，ブラケット，カム，レバーなどと比較すると，後者の単一材料の部品に対して，前者の電装品は，数十～百数十の小型部品から構成されています．

したがって，電装部品には，その繰返し動作に対して，必ず，寿命が明記されているはずで，それらの寿命は，後者の機械部品に比載すると，短いのが普通です．これは，構成部品点数の多さから，容易に類推できるでしょう．

ですから，マイクロスイッチの交換が，たとえばカムレバーを取外しブラケットを移動させないとできない，というような取付けは避けねばなりません．

■B　取付け位置は調整可能にしておく

電装部品の繰返し動作位置は正確です．しかし，取付け位置は，調整可能にしておいた方がよい場合があります．

たとえば，マイクロスイッチの動作点，電磁ソレノイドの動作ストロークと力との関係などは，一つの部品については，正確な繰返し動作位置をもっていますが，動作位置を設計し固定して取付けても，機械的位置寸法に対する製品の許容差が大きくて，確実な動作をさせるための位置調整をしなければならないという場合が，少なからず生じます．

つまり，取付けには，調整の幅をもたせたいものです．

■C　電装部品の取付け箇所の環境に注意

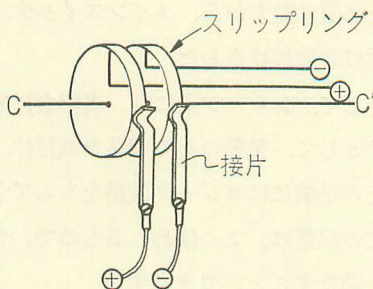
マイクロスイッチ，モーターなどの上に，潤滑油がたれ落ちてきたり，マイクロスイッチのアクチュエータを動かすドッグなどが電位をもっていたり，取付け台を，高電圧の印加されている所に取付けたり，発熱部からの熱伝導で取付座が加熱してくるような所に取付ける，などは極力避けるように工夫が必要です．

D　可動機構部品上の電装部品への配線

機械可動部品へ，やむなく電装部品の取付けを必要とする場合がよくあります．

このときは，電装部品からの配線は，多くの場合，可撓配線を使用します．この際には，配線が，機械部間にはさみこまれて，被覆を傷つけたりせぬよう，カバーを取付けるなどして注意します．

図2.11　スリップリング

また，回転軸上に配線が必要なときは図2.11 のようなスリップリングを使用します．

これは，軸C−C′の回転テーブル上に電源＋，−を必要とするとき，スリップリング（銅合金材）を，摺動接片と接触させ受電するものです．

E　アクチュエータの電装部品は必ず発熱する

ソレノイド，モーター，電磁弁などで，その使用時間を分母とし，通電時間を分子とした割合を，デューティ DUTY といっています．この DUTY が1に近い使い方をするとき，つまり通電の時間が長いときには，これらの電装品は，かなりの発熱をすることがよくあります．

通常，カタログには，これらの電装部品については，絶縁材の等級指示により発熱による耐温度のクラスについて提示してあります．

上記電装部品の筐体は，自己発熱による最高温度が決められていて，その温度までの使用には耐えるようになっているわけです．その温度とは，精々数十度以下となっています．

したがって，これらの部品は，雰囲気温度の高い場所での使用は，避けなければなりません．

1.5　制御装置内部品の取付け

図2.12に，制御筐体内に，1つの制御系を組込んだときの，部品の取付け例を示します．

正面図の左方から，メインスイッチ，投入スイッチおよび各種のスイッチと表示灯を取付けました．

そして，シャーシ上には，奥側右に電源部，左に電源回路部や出力回路部の素子として，発熱のある部品を取付け，ファン冷却しています．

その手前にはロジック回路をもってきました．

この配置は，よく使われるもので，このようにすれば，つぎのような必要条件を満たすことができます．

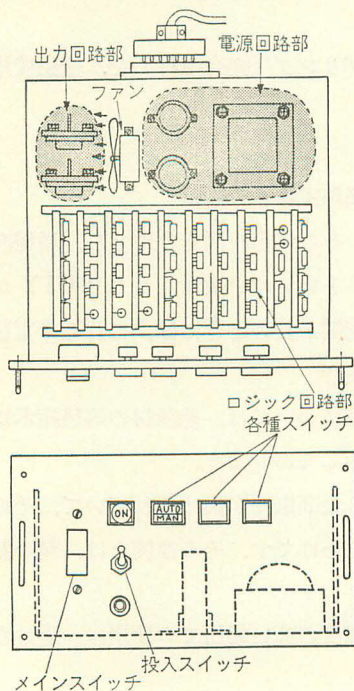
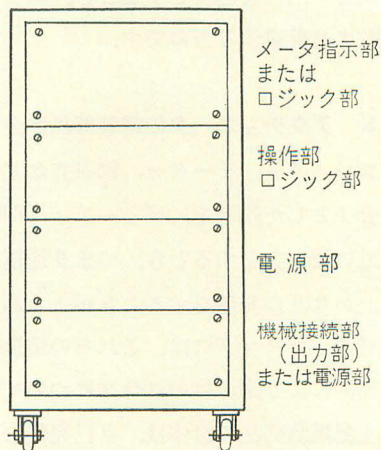



図2.12　制御装置内部品の取付け例　　図2.13　回路ブロック配置例

（ｉ）パネル表面は，電源投入から，ロジック動作の進行に合せた，スイッチ，表示灯およびフューズの配列を，右または左方より，または上から下へ順に配置する．

（ii）電源ラインのコネクターからの引込みなどから，直ちに電源部へ接続し，パワーラインの配線引回しを少なくする

（iii）発熱部品であるパワートランジスタ（抵抗体）などは，ファン冷却し熱風は，コンデンサー，ロジック回路部構成素子に当らぬこと

（iv）電解コンデンサーの側壁は，熱伝導，輻射熱を受けないよう注意する．

（ｖ）ロジック回路部は，軽量部品であるトランジスタ，ＩＣ，抵抗，コンデンサーが，回路のロジックを追って順に配列，取付けられている．また，ロジック部もファン冷却する場合もある．

さて，ロジックシステムが拡大してくると，前頁図2.13のように，ラックパネルが選ばれ，各制御部を別々に組込むようになってきますが，それぞれの筐体の中においては，図2.12の例を基準に部品配置されます．

ラックパネルに組立てられる回路ブロック例は，通常図2.13のように分割します．その場合，以下のような点が通則とされています．

（ｉ）電源部のように重量があり，操作部のない部分は，下方に配置する

（ii）機械部との配線接続コネクター群は，下方に配置する

（iii）操作スイッチなどの操作部は，作業性のよい高さに配置する

（iv）メーターなどの指示計器は，操作部より高くし，目の位置に配置する

（ｖ）ロジック部は軽量であるので，適当な高さの保守点検しやすいラックを選ぶ

さて，以上の考え方は，機械部との「接続」ということに絞って，制御装置をいかに配置するかについて述べたものですが，制御装置のみとして考えてみると，さらに深く考えてみなければならない点も多くでてきます．

たとえば，前述のごとく，信号の伝達は電源部──→ロジック部──→制御回路部の経路をとることから，たとえば，電源引込み配線の引回しを犠牲にして，

電源部を最上部に配置し，操作器との接続の多いロジック部を中段として，機械接続部に近い制御回路部を最下段に配置する方法も，なくはありません．

このときには，回路部品として発熱の多い電源部や，制御回路の中の駆動出力部とが，上段および下段に配置されることになります．

いずれにしても，冷却に対する配慮は欠かせません．つまり，下部より，筐体外の冷風（外部雰囲気）を取入れ，上部より発熱による加熱雰囲気を逃がすのが自然です．

冷却ファンや排風ファンは，下部より上部への換気を考慮して取付けられるのが原則です．

第2話 §その2

制御装置の組立て

☞ 前節で，機械と制御装置を，いかに結びつけるかについて，あるいは，制御装置はいかに配置されるべきかについて，概略を学んできました．

本章では，制御装置の内部に視野を絞っていきます．

回路図から作成された，実際作業用の配線（状態）図，部品配置図を読みながら，組立て作業を進めていきますが，機械の図面と同様に，いわゆる総合調整，部分組立て調整に相当する作業が，図面に明記されていない場合が多いのです．これらの調整作業には，組立て作業途中において，さまざまに注意して組立て配線をしたものとしないものとでは，完成回路の総合調整とか最終調整の時に要する時間に，莫大な差が生じてきます．

一応の組立て，配線知識をもって回路図を読みとりつつ，また回路の機能や動作を考えつつ，作業を進めていかねばなりません．

本項では，組立て，配線作業を進めるときに考えておかねばならない一般的知識について，学んでいきたいと思います．

2.1　電源部品の組立て方

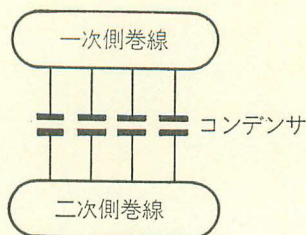
■A　変圧器の組立て

変圧器（トランス）は，電磁誘導現象を使って，各種交流やパルスの昇圧，降圧のために用いられていることは，ご存知の通りです．

ところで，この変圧器には，次のような，好ましくない現象が発生します．

（i）入力に入ってくる雑音の拡大，ならびにパルス雑音の優先通過を引きおこす．

これは，トランスの巻線間には，小さな容量の，コンデンサー結合があると考えられるからです．図2.14のように，1次側に入ってきた雑音は，本来の電磁誘導以外に，コンデンサーに相当する部分を通過して信号を伝達する働きをしてしまいます．この際，コンデンサーの特性から，パルスの方が優先的に通過しやすいことが原因になるのです．

図2.14　トランスは雑音拡大もする

（ii）変圧器自身が，電磁誘導による磁束を発生し，近くに取付けてある増幅器や発振器等の制御系に，雑音を送りだす

（iii）熱を発生し，機器の昇温源となる

では，こういった現象に対して，どんな対策を行なえばよいのでしょうか．

まず，（i）の対策としては，静電シールドを行ないます．

これは，変圧器設計の段階での対策ですが，トランスの1次巻線と2次巻線（ほとんどのトランスは，1次巻線と2次巻線が，重ねて巻かれています）の間に，金属箔を挿入し，それを，アースすることにより，1次側と2次側の静電結合を小さくし，悪影響をおさえるわけです．

このような対策を行なったトランスは，図2.15のように表わします．図中Sが，シールド端子になります．

さて，（ii）の対策としては，磁気シールドを行ないます．

これは，トランスから発生する磁束を，外部にださないようにすることで，誘電率の高い金属ケースに入れたり，図2.16のように，銅などの帯を作って，トランスのコアーの外側に，閉ループの，ショートリングと呼ばれるショート回路を作ります．

組立て後の調整段階でのトラブル対策としては，このショートリングが，最も簡単です．

静電シールドも，磁気シールドも，ともにアースを取ることが大切で，変圧器の巻線以外は，接地レベルにしておくことが雑音に対する基本対策ということになります．

また，一般に，低レベルの信号（電圧mV程度以下の場合）を取扱う場合にも，シールドを行なわなければなりません．

さて，不幸にして，トランスが，雑音の発生源となった場合には，その取付け位置や，方向を変更してみると，意外と効果のあることも覚えておいてください．

これは，他の制御系との磁気的影響の度合が，変わるからなのです．

ところで，トランスの入，出力端子の配線は，電流容量に余裕をもたせた太い電線を用います．

また，図2.17のようなボルト・ナット端子型のトランスには，圧着端子による配線

図2.15　静電シールドされた変圧器

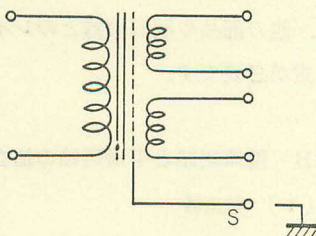



図2.16　ショートリングによる磁気シールド

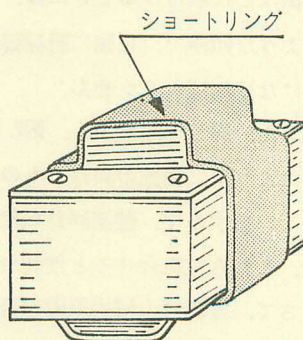
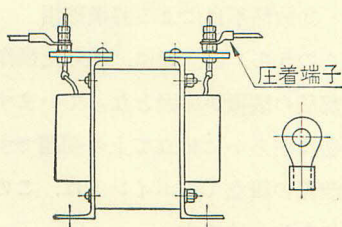



図2.17　ボルト・ナット型変圧器

が，最も適しています．

(iii)の対策としては，トランスの事故には，過負荷による焼損がありますから，他の部品や制御機器とのレイアウトには，その影響を受けないような熱的配慮が必要です．

B　整流回路と平滑回路の組立て

(i)　整流器

半導体整流器の外囲器は，一般に，絶縁されていません．したがって，放熱器などに取付けるときには，図2.18のような順序で，正確に絶縁部品を取付けなければなりません．

また，同じ外囲器でも，図2.18に示したように，極性の異なるものが作られていますので，整流回路の組立てには，これらを組合せると便利です．

さて，整流器の破損原因を分類してみますと，次のようなものが大部分を占めています．

①過電圧の印加による破損

②過電流による破損

③放熱不良による昇温破損

このうち，①，②は，誤った操作や，部品の破損が原因となっていますが，③は明らかに組立て上の問題です．整流器の組立てのポイントは，この放熱にあるわけです．

整流器に流すことのできる電流値は，

図2.18　整流器の放熱器への取付け

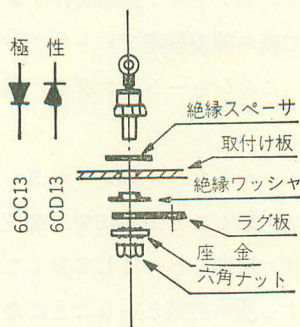
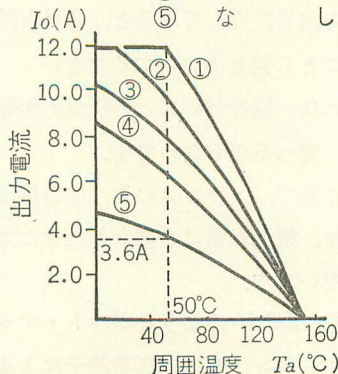



図2.19　整流器と放熱板の選択

放熱の能力により，図2.19 に示すような制限値があります.

この図をみると，放熱板 t 1.5×100×100(mm²)を使用し，周囲温度50°C のときに12A流すことのできる整流器も，放熱板なしの状態では，わずか 3.6A までしか使用できないのが分ります.

こうしてみると，放熱板の選択いかんにより，整流器の能力は，非常に大きな差ができるのが明らかでしょう.

放熱板そのものについては，すでに第1巻「電装材料のシンボルと働き」の項142頁で触れましたので，参照してください.

さてここで，整流器の取付けで重要なことが，もう一つあります.

それは，整流器の，放熱板への締付けの度合です.

そこで，表 2.2 に，一般的な締付けトルクの値をあげてみました.

表 2.2　締付けトルクの一例

電流値	ね　じ	締付けトルク (kg-cm)
3A	M 5	40
6A	M 5	40
12A	M 6	50
25A	M 6	50
50A	M12	110
150A	M12	300
150A	M20	340
300A	M24	600

電子装置の取扱い上で，最も多いトラブルが，他ならぬこの整流器の破損とされています.

そのレイアウトは，保守，点検に便利なように配置し，配線の長さも，余裕を残して組立てたいものです.

(ii)　電解コンデンサー

電解コンデンサーも，雰囲気温度に対して，デリケートな影響を受けやすい電装材料の一つです.

ここでは，電解コンデンサーとチョークコイルが主役となる平滑回路の組立て上の注意点について説明していきます.

平滑回路については，すでに，第2巻エレクトロニクスの電源回路66頁に，

その働きを中心に詳しく述べましたので，もう一度読返してみてください．

交流を，安定した直流として取だすために，平滑回路が使われます．

図2.20　平滑回路の中の電解コンデンサーとチョークコイル

平滑回路には，図2.20のように電解コンデンサーを利用するものと，チョークコイルを利用するものとの２通りがありました．

さて，この図で，コンデンサーインプット型の場合には，入力側のコンデンサー C_1 に，交流成分が大きく残った，リップル電流が流れていました．

大きなリップル電流ということは，それだけコンデンサーの入力電圧の変動が激しいことになります．

図2.20の，コンデンサーインプット型と，チョークインプット型では，前者の方が入力電圧の変動が大きく，後者は，入力電圧の変動が少ない（すなわち交流成分の小さい）回路である，ということも，第２巻でお話しました．

コンデンサーは，入力電圧の変動に比例して，電流が流れます．

そうしてみると，コンデンサー内では，電流が多く流れるほど，電荷の移動が激しく，それだけ仕事をしたことになるのですから，コンデンサーインプット型の場合，コンデンサーの発熱も，大きなものとなります．

こうしたわけで，平滑回路の内，コンデンサーインプット型の電解コンデンサーは，放熱のよくできるような配置を行ない，また，コンデンサーの種類も慎重に選ばなければなりません．

そこで，こうした用途の電解コンデンサーとして，大リップル電流用とか，交流用油入紙コンデンサーが，多くの場合に適用されているわけです．

図2.21　c—d 間のつなぎ方

表 2.3　導線の許容電流値

単線		より線	
太さ (mm)	電流	断面積 (mm²)	電流
1.0φ	12A	0.75	7A
1.2φ	15A	1.25	12A
1.4φ	18A	2.0	22A
1.6φ	21A	3.5	30A
2.0φ	30A	5.5	40A
2.6φ	40A	8.0	50A
3.2φ	50A	14.0	75A
5.5φ	105A	22.0	100A

コンデンサーの事故は，以上に述べてきた昇温による，ケースの爆発という事態がよく発生します．

したがって，電解コンデンサーの自己発熱に対する配慮は，電子機器組立ての上で，大きなポイントとなるわけです．

さて，いままで述べてきた発熱に対しては，単に，コンデンサーの選択や配置の工夫だけでは十分ではありません．

その配線にも，次に述べるような注意が必要になってきます．

つまり，平滑回路における電解コンデンサーの配線には，電流容量に十分な余裕をもたせて，図2.20 の太線の部分も，きちんと閉回路となるように組立てなければなりません．

ここで，コンデンサーにおいては，シャーシや，部品の取付けねじ，ナットなどに，電流を流さないようにしなければなりません．

というのは，図2.20 において，C_1 に流れる電流 i_d は，a→b→c→d と流れるわけですから，c—d 間の接触抵抗を最少限に押えねばなりません．なぜならば，接触抵抗のある所，必ず熱を発生するからなのです．

そこで，図2.21 のように，回路図の太い線の部分 c—d は，導線で結び配線することになります．

表 2.3 は，導線の一般的選択基準です．

c—d 間の導線の選択は，発熱を避けるため，この基準よりさらに余裕をも

たせて選びたいものです.

以上，電解コンデンサーの発熱の原因をまとめてみますと，次のようになります．すなわち，配線不良，過電圧の印加，過電流，放熱不良，極性をまちがえた組立て，などです.

なお，電解コンデンサーの使用温度は，周囲温度で，70〜85°C 程度が限度である，ということも付け加えておきましょう.

(iii) チョークコイル

すでにあげた，図2.20のチョークインプット型平滑回路の主役は，チョークコイルであることは，第2巻69頁で述べました.

チョークコイルを，回路に入れることによって，平均電圧や電流を変化させず，安定した平滑な直流を得ることができるわけです.

これは，コイルのもちまえの能力，すなわち，電流の急激な変化時（電源のＯＮ，ＯＦＦなど）に，逆起電力を発生して，このような回路では，かえって急激な電流変化を吸収してしまう力を利用したものです.

チョークコイルの両端に発生する電圧には，いろいろな状態があります.

図2.20のような回路では，平常な負荷状態で定格電流が流れているときは，コイルの両端に加わる電圧（電流の流れる方向の反対方向へと生じる電圧，リアクタンス電圧，図の e_L）は，直流出力に比べて低く，一般にトラブルを起すことはありません.

しかし，電源投入時には，電源の電圧がすべて加わることになります．すると，チョークコイル内の，巻線間電圧（層電圧）や，端子間電圧も非常に高くなります.

したがって，とくに，高圧電源の場合には，巻線間，端子間，配線材料などに，十分な耐圧が要求されるのです.

こうした耐圧をもたせるため，メーカでは，絶縁材質，電圧の高低など多様な機種を用意していますので，チョークコイルの選定に際しては，以上の点についてメーカとよく相談して購入しなければなりません.

C　制御回路の組立て

(i)　トランジスタ，サイリスタ

トランジスタやサイリスタは，多くの場合，その外囲器が絶縁されていません．したがって，絶縁スペーサを用い，図2.22のような順序で組立てます．

整流器と同様，トランジスタやサイリスタも，熱的要因（放熱状態）によって，制御することのできる電力に，大きな差が生じます．

そこで，図2.23に，放熱板の性能によって，許容できるコレクタ電力の能力にどれだけの違いができるかを示しました．

この図から，周囲温度Ta=25°Cにおいて，放熱板を水冷などして理想的な放熱を行なったとき，すなわち，周囲温度=外囲気温度の状態のときと，放熱板t2×300×300mmを使用したときの制御しうる電力の比は，後者が前者の約1/3であることがわかります．

図2.23　トランジスタと放熱板

図2.22　トランジスタ，サイリスタの取付け方

これからしても，トランジスタ，サイリスタには，十分な放熱を考えた取付けが，ぜひとも必要である，ということになるのです．

トランジスタ用放熱器には，いろいろな形のものが市販されています．それらの一例を，図2.24～27に示します．

さて，トランジスタ，サイリスタの放熱器への組込みは，もちろんしっかり固定し，十分に締付けなければなりません．

大型のサイリスタについては，とくに整流器の項で述べた表2.2（153頁）のような，電流値と取付けボルトに合せた締付けトルクで取付けます．

配線する場合には，線の端末において，長さの余裕を残し，点検，交換の可能な状態に組立てなければなりません．

サイリスタのゲートや，トランジスタのベース，エミッタなどは，電極ごとに色分けして配線すると，点検，保守が容易になります．

図2.24　小型トランジスタ用放熱器

図2.25　パワートランジスタ用放熱器

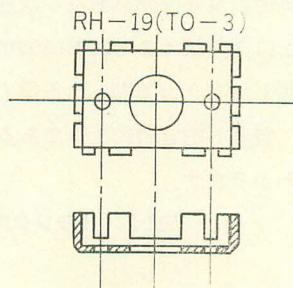
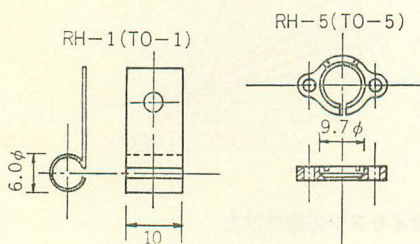
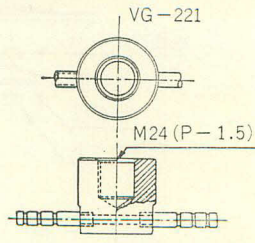
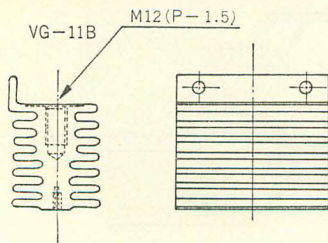



図2.26　中型サイリスタ用放熱器

図2.27　大型サイリスタ用水冷放熱器

（ii）抵抗器

抵抗器には，その用途に応じて，数多くの種類があります．第1巻「受動素子のシンボルと働き」169頁において，詳しくその概略を，すでにお話しました．

この項，「電源部品の組立て方」で，再び抵抗器について取上げるのは，電源回路組立ての上では，抵抗器の発熱の問題が，大きなウエイトを占めているからなのです．というのは，電源回路に使われる抵抗器は，一般に，電力容量の大きな巻線抵抗器であるからなのです．

抵抗器は，回路内で電力を消費し，すべてを熱に変えています．

抵抗器が，どのくらいの熱を発生するかについて，あるメーカの電力型抵抗器を例にみてみると，その発熱量は，歴然としています．

ある電力型抵抗器の定格……

① 耐　　圧：ＡＣ1000Ｖ／１分間

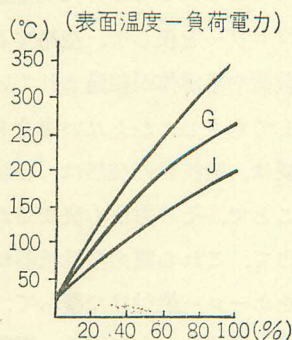
② 絶縁抵抗：ＤＣ500Ｖ，20MΩ

③ 耐　　熱：350°Ｃ　連続

こうしてみると，350°Ｃで連続使用に耐えるということは，定格電力で使用する場合でも，200°Ｃ～350°Ｃにもなりうるということなのですから，電熱器のように発熱量の多いものと考えてよいでしょう．

図2.28　抵抗の負荷特性図

したがって，こうしたものを，半導体，コンデンサー，その他の電子装置などの近くに取付けることなどは，絶体に避けなければなりません．そこでこうした抵抗器を，少しでも発熱量を低く押えるための方法として，わざと必要以上に大きな定格電力のものを選び，必要な電力が流れても，十分余裕のあるようにするのです．

すると，回路上必要な抵抗器に対して，どれ

だけ大きな定格電力のものを，その何%ぐらいで使用したらよいのか，ということになります．

抵抗器の選択には，単に必要な抵抗値だけでなく，電流その他の要素が入ってきますから，一般化はできませんが，考え方の目安として，前頁に例としてあげたものの場合を検討してみましょう．

この抵抗器の，表面温度と負荷電力の関係（負荷特性）は，図2.28のようになっています．

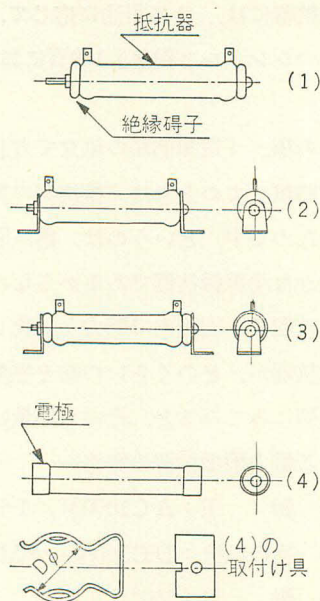
この抵抗器を，表面温度80°C程度で使いたい，という場合には，図から，負荷電力は，定格電力の20%ぐらいで使用しなければならないことがわかります．

図2.29　取付けからみた抵抗器

このように，電源回路に使用する抵抗器は，カタログにある負荷特性図を参考にして，発熱量を押えていかねばなりません．

このようにして下げた発熱量は，さらに温度を下げるため，モーターファンやブロワーを使って，空冷するのが一般的です．ただし，同一ケース内に，電子装置や半導体が組込まれていないで，空間に余裕がある場合には，自然空冷としてもさしつかえない場合もあります．

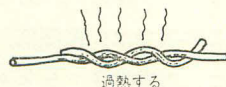
要は，抵抗器の発熱は，各状態に応じて，どこまで温度を下げたいか，ということで，その方法も決まるわけです．

さて，これら電力型抵抗器には，一般に，5W型から200W型まであり，巻線をホーロー焼付けで覆って，ライフタイムを伸ばしています．しかし，これらは，磁器のように固く，衝撃を与えたりすると，割れてしまう欠点があります．

したがって，運搬時のショックなどで破損しないように，ねじ止めのできるものを選んでください．取付け方法からみた，各種抵抗器の型式を，図2.29 に示しておきます．

さて，次に抵抗器の配線上の注意に，触れてみましょう．

抵抗器は，前記したように高温になりますので，配線は，抵抗器に触れないよう，離して固定しなければなりません．

また，電線と電線，電線と端子の接触した部分には，図2.30 のように，必ず一種の抵抗が生じ，その部分が発熱します．

図2.30　接触抵抗

したがって，抵抗器の，端子への接続は「ひっかけからげ」か「巻きつけからげ」を行ない，接触抵抗をできるだけ低くしなければなりません．

というのは，ハンダ付けだと，ハンダ付け不良のあった場合，接触抵抗から焼けが生じるからです．

さらに，どんな抵抗器にも，それに与える電圧，すなわち耐電圧の制限があるのです．ですから，高電圧電源に使用する抵抗器は，第 1 巻 173 頁に示した方法で，直列に何本かを接続して使用する方法をとらねばなりません．

これは，印加される高電圧に対して，市販されている抵抗器は，耐電圧の低いものが多く，そのため抵抗器の耐電圧以下になるように，電圧分割するために他なりません．

2.2　入出力端子の取付け方

電子機器や制御装置の設計者で，ちょっとしたことから，次に述べるようなはずかしい経験を味わった人も少なくありません．

それは，装置の設計がほとんど完了してから，使用する入出力端子の選定をしたために，経費と時間のかかる設計変更を余儀なくされたり，ときには，正しい端子を選べなくなってしまった，といった大きな誤ちです．

これは，入出力端子を，装置の重要な構成要素として考えないで，単なる付

属物と，軽く考えていたためだと思われます．

最近の電子装置の電気的接続は，非常に複雑になってきており，その保守，点検は，決して容易ではありません．

そのために，いままでにも幾度か述べてきたように，電源部だけのチェックとか，制御部だけの信号テストなど，部分的に調整，検査が容易に行なえるようになっていることが，絶対の最低必要条件となっているのです．これは，みなさんの専門分野である，機械設計においてと，事情は同じであるわけです．

それだけに，入出力端子を軽視するようなことがあってはならないのです．

この項では，電源部，制御部，操作部などの，各装置相互間の接続方法について，固定端子とコネクターを取上げます．この二つについては，すでに「機械内部配線の方法とポイント」の項で，あるいは第1巻においても触れましたが，再びここで，電子装置相互間の接続という視点から，さらに具体的に学んでいくことにしましょう．

■A　固定端子による方法

図2.31は，ハモニカ端子と呼ばれる固定端子台です．

この型のものは，モーター，電磁弁，シリンダーなどの駆動部と，それらを制御する電子装置部の中継端子として用いることが多く，市販されているもののほとんどが，端子数2～30ピン程度です．

この型の端子台は，簡単に固定できて，10～300A程度の電流を流すことができるので，その取付けの手軽さや，入手が容易なことから，多く使われています．

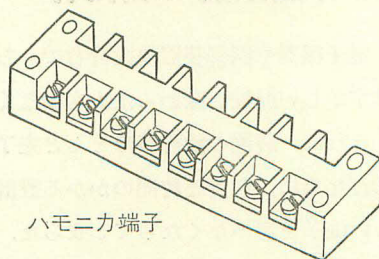
図2.31　固定端子台

しかし……

・占有面積が大きい

・小型のものが少ない

・端子の数が少ない

・防水，耐高温などの環境対策がとり

にくい

・調整やテストのとき，信号の切離しが複雑になる

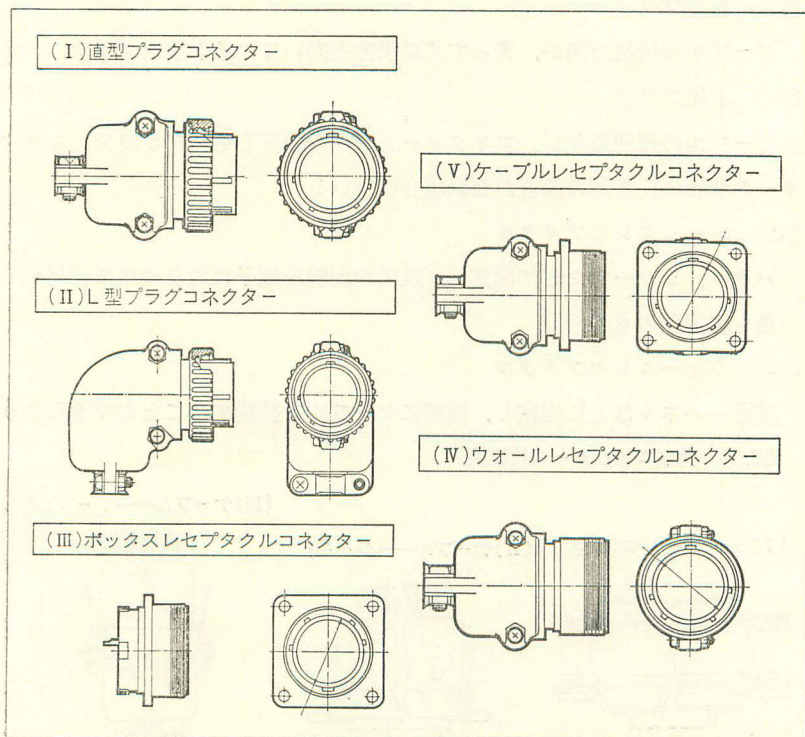
……などの欠点があり，電子装置の入出力端子としては，向いていません．

電子装置の入出力端子には，むしろ次の，コネクターを使うべきでしょう．

B　コネクターによる方法

(i) コネクターの種類

前記端子台の欠点を補って，最近の電子装置の入出力端子には，ほとんどコネクターが使われています．

図2.32 代表的なコネクター

コネクターは，電源や装置のユニット化，コンパクト化の傾向とともに，発展してきたもので，各種ユニットには，うってつけのものです．着脱が容易で速かに行なえますから，大変便利なものです．

コネクターには，大きく分けると，丸型と角型のものがあります．

一般に，電流を多く流す場合は丸型を，極数を多く必要とする場合には，角型が使用されています．

パネルやシャーシに取付け固定する方をレセプタクル，信号ケーブルなどを配線した，着脱できる方をプラグと呼んで区別しています．

代表的なプラグとレセプタクルは，以下のように分けられます．図2.32に，その外観を示しました．

（a） 直型プラグ

ケーブルの接続方向が，まっすぐに後方を向いているようなプラグ

（b） L型プラグ

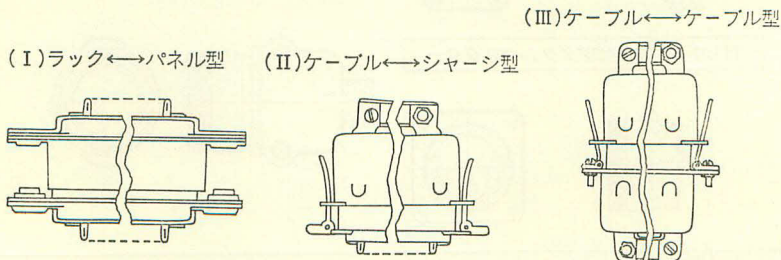
ケーブルの接続方向が，コネクターと90°の角度をもつプラグで，コネクターの背後に，空間の余裕がない場合に用いる

（c） ボックスレセプタクル

パネル，シャーシなどに固定し，後部の配線を端子に取りつけて使用する最も汎用型のもの

（d） ウォールレセプタクル

壁面，パネルなどに固定し，後部にケーブルを接続することのできるよう

図2.33　角型コネクターの代表例

になっているもの

（e）　ケーブルレセプタクル

ケーブルの端に取付けて使用するレセプタクルで，通常ケーブル対ケーブルの接続に用いる

以上丸型コネクターの代表例ですが，角型の場合には，図2.33 のようになります．

（a）　ラックとパネルを接続するもの

（b）　シャーシとケーブルを接続するもの

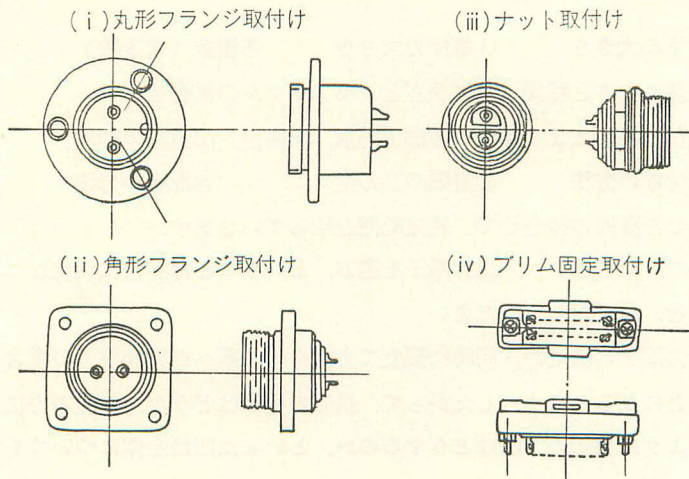
（c）　ケーブルとケーブルを接続するもの

（ii）　**レセプタクルの取付け方式**

シャーシ，ケースなどへのレセプタクルの種類は，基本的には図2.34 のようになります．

（a）　丸型フランジ取付け形

シエルに，丸型のフランジを具えており，取付け円周上の 3 カ所を皿小ねじなどで締付けて固定するもの

図2.34　レセプタクルの代表的取付け方式

（b）　角型フランジ取付け形

シエルに，角型のフランジを具え，通常4カ所をねじで固定するもの

（c）　ナット取付け形

シエルに，丸型や六角型などのフランジと雄ねじを具え，取付けパネルをはさんで，ナットで締付けるもの

（d）　ブリム固定取付け形

ほとんどの角型コネクターでとられている方式で，コネクター両端のブリム（縁）を残して角穴加工されている．その両端のブリムを，2本以上のねじで締付けるもの．

以上が最も基本的な取付け方式ですが，最近は輸入品も多く，その取付け穴の形状は多種多様で，詳細を知るためには，カタログを入手しなければなりません．

（iii）　**コネクターの選び方のポイント**

数千種類におよぶカタログ中のコネクターから，最も使用目的に適したものを選ばねばなりません．そんなとき，何を頼りにしたらよいのでしょうか．

コネクターの選定には，だいたい次のような要因をあげることができるでしょう．

①電流の大きさ　②電圧の大きさ　③極数（端子数）

④電線の太さと種類　⑤プラグとレセプタクルの組合せ

⑥取付け場所による保護の方法（防水，耐高温）⑦電極の形状

⑧取付けの方法　⑨着脱のひん度　⑩配線の方法

こうした要因の組合せで，選定範囲を絞っていきます．

ここで，最も適した入出力端子を選ぶ，ということは非常に大切なことであることを，思いだしてください．

入出力端子の決定が，同時に組立て方式や信号系への雑音混入の度合を決定することになるのです．したがって，信号の種類はどうか，保守の方法は，図2.35のように接続の方法はどうするのか，といった回路全体についても考えてみなければなりません．

こうした点から，次に，コネクター選定上の具体的ポイントをあげてみました．

（a）　電源端子と信号端子は分離する，

交流電源はもちろん，直流の高レベル側も，信号端子から分離し，雑音の混入をおさえます．

雑音については，すでに前項で詳しくお話しました．

図2.35　コネクターを選ぶ前にどんな接続になるか考えたい

（b）　信号の種類によって端子を分離する

制御信号，フィードバック信号，高レベル信号，低レベル信号，ディジタル信号，アナログ信号など，いろいろな信号端子は，別々に離して取れるようにします．

（c）　装置相互間の結合方式に合せて決定する

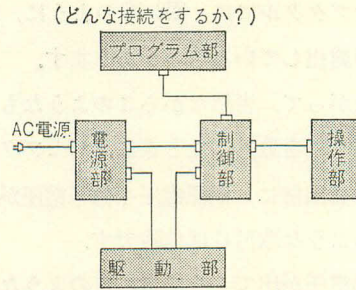
異なった装置，ユニットへ分けて接続する場合には，それに応じてコネクターを取付けます．

つまり，制御装置から一つのコネクターで取りだされた信号線が，途中から操作部と電源部に分れて，二つのプラグとなってしまうような組立ては，うまくありません．

（d）　ピンの数（極数）には，余裕を残す

交流電源用端子を除いて，他の入出力端子の極数には，必ず余裕をとります．というのは，信号系の雑音の対策や，機能追加などの仕様変更による配線の追加が，必ずあるものと考えた方がよいからです．

（e）　同じコネクターを並べないこと

同じコネクターを並べて取付けることは，誤ってコネクターを接続する危険を残すことになります．装置の故障を引きおこすような，やむをえない場合はしかたありませんが，極力，極数を変えるとか形状を変えるようにしたいもの

です．

(f) 電極の露出したレセプタクル

レセプタクルには，図2.36のように，電極の露出しているものがあります．

図2.36　電極の露出したレセプタクル

したがって，当然ながらこのようなものは，プラグを取外したときに，レセプタクル側の露出部に，電源電圧や信号電圧がでてくるような取付けは危険です．

各種電圧が出てくる側に，このようなレセプタクルを選択することは，誤りです．

雌型電極のものを，当然選ばねばなりません．

(g) 耐環境を考える

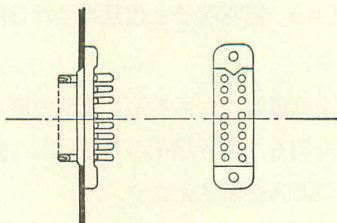
コネクターの事故は，非常に発見しにくいものです．環境を考慮して，真夏でも真冬でも，長期にわたって十分機能を発揮できるような配慮をしなければなりません．

(h) コネクター番号や端子番号を見やすいところにはっきりと，彫刻やテープなどで記入する．

(i) ケーブルが固定できるものを選ぶ

プラグやレセプタクルに配線されたケーブルは，どのように固定するか考えねばなりません．ゆるみすぎや張りすぎは，接触不良を引きおこし，大きなトラブルを誘発します．

(j) プラグのロックは必ず行なう

ある種の角型コネクターのように，中にはプラグのロックができないものがあります．プラグは，レセプタクルにロックできる構造のものを選ばねばなりません．

2.3 発熱部品と冷却法

「電源部品の組立て方」の項で，電源部品の組立て上の最大のポイントは，「熱」であることについて，すでにお話しました．

ここでは，総じて熱に弱いエレクトロニクス部品の，組立て上のカギとなっている熱に対する考え方と，どんな対策をとったらよいかについてできるだけ詳しく学んでいきたいと思います．

電子装置内に組込まれている，抵抗器，コンデンサー，半導体，真空管，変圧機器，ランプなど，すべての部品は，発熱すると考えてよいでしょう．

装置の消費する電力が100VAであるときには，100Wの電熱器と考えて，その冷却対策を行なわねばならない，ともいわれているくらいです．

電子装置の故障や，特性不良の原因は，そのほとんどが熱的原因といっても過言ではありません．

したがって，装置内の部品のレイアウトは，熱対策を中心に決定されなければならないわけです．

さて，こうした部品の冷却方法には，自然冷却法と強制冷却法とがあり，この二つは，その発熱の度合に合せて選択されています．

冷却には，「すぎる」ということはありません，経済的に許せる範囲内で，十分な方法を採用することが，非常に大切です．

ところが，重要でその割に解決のむずかしいこの熱の問題に関しては，いまのところ完全な対策はないようです．

熱の解析は，非常に困難な仕事の一つです．単に，数値的に明確な答えを得ることにばかり集中することは，必ずしも賢明なことではないように思います．むしろ，過去のデータを知るとともに，自らの設計した冷却機能が，どんな結果を得ているか，そのフォローの積重ねが最も大切なことと思います．

■A 自然冷却

自然冷却は，空冷ということになりますが，これは，発熱部品に放熱器などを取りつけた程度で，自然の雰囲気のままで放熱する方法です．

これは，消費電力の少ない電子装置や，消費電力に比べて，筐体の大きい制御装置などに採用します．

具体的には次のような場合が，自然冷却法を選ぶ目安となります．

経験的で大まかな数値ですが，筐体の大きさと消費電力の関係が，次の表2.4のような場合で，しかも，とくに発熱の激しくない回路，リレー回路やディジタル制御回路などを組込む場合は，自然冷却法となります．

表 2.4　自然冷却を選ぶ筐体の大きさと消費電力の関係

ケースの大きさ	100×100×100mm³	200×200×200mm³	300×300×300mm³
消費電力	100VA	200VA	300VA

しかし，この場合でも，大型の電力型抵抗器や，半導体回路電源などのように，局部的発熱に対する放熱を考えて決定するのは，いうまでもありません．

■B　強制冷却

強制冷却は，環境冷却と局部冷却の二つに分けて考えることができます．

環境冷却は，筐体内温度が周囲温度を20〜30°Cもこえる場合に，筐体内温度を周囲温度に近づけるために行なうもの，局部冷却は，激しく発熱する部品を局部的に，風，水，油などで強制的に冷却する方法です．

一般的な回路の空冷の場合には，この両方を考慮した局部冷却法が実際には多く取り入れられています．

（i）　環境冷却による強制冷却

環境冷却には，ファンを使います．

ファンが必要であるかどうかの判断は，筐体の表面積と装置の消費電力から装置の昇温の程度を検討して決めるわけです．

たとえば，温度上昇が30°Cにもなるものには，ファンが必要になりますが，それも，個々の装置内部品の種類によって検討しなければなりません．

それでは，消費電力に応じて，温度上昇はどのくらいになるものなのでしょうか．ここで，図2.37 にデータを示しておきましょう．

この図から，だいたいの消費電力と筐体の表面積に応じた温度上昇値が分ります．

図2.37　消化電力と温度上昇値

さてその次は，ファンの大きさを決定しなければなりません．

ファンの大きさを決めるには，図2.38 のような，大変便利な図がありますので紹介しておきます．

この図を用いて，ファンを決定してみましょう．

たとえば，表面積1.5m²の筐体内の温度上昇（ΔT° C）を10° C 程度に押えたい場合には，どれだけの風量があればいいのでしょうか．

図より，まず消費電力が 600W ならば，600W と直線 $\Delta T=10°$との交点から b 点の値を求めます．

b 点は，約3200l/min です．

次に，表面積 A＝1.5m² の縦軸と直線$\Delta T=10°$との交点 a から，c 点の値を求めます．

c 点は，約950l/min,

ここで，求める風量Qは，

b 点の値－c 点の値となるので，

Q＝3200－950＝2250l/min

およそ，2250l/min が必要ということになります．

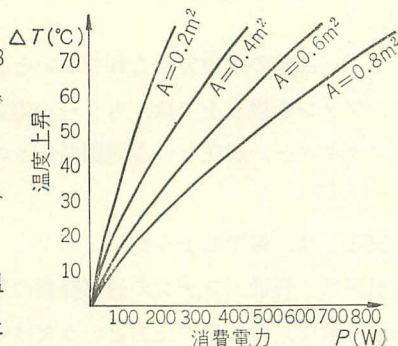
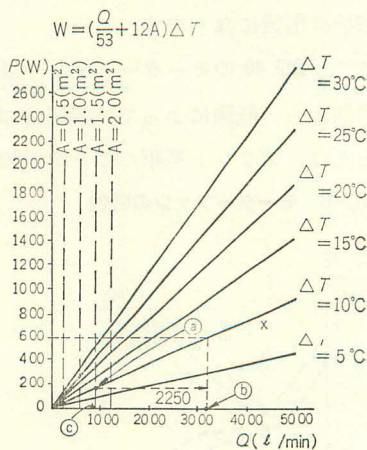



図2.38　温度上昇と必要風量の関係

ここで，図中の，$W=(Q/53+12A)\Delta T$ の式は，メーカの推奨値です．ためしに，数値を代入してみましょう．

$Q=3180-954=2226(l/\mathrm{min})$

ほぼ同じ数値が得られました．

図2.39 は，代表的なモーターファンです．

図2.39　代表的なモータファン

さて，風量の求め方はこれでよいとして，ファンを扱う上では，もう一つ重要なファクター，風圧という問題があるのです．

風圧とは，何でしょうか．

風圧は，普通，ファンの通風経路の形状により決まる，風の通りやすさを表わす系数で，単に風の圧力というだけの意味ではありません．

風圧は，風管などのように一定形状のものは，難かしい解析から求めることはできますが，いま我々の問題にしている電子装置内の問題になると，非常にその解析は困難になります．

そこで，図2.40 のモーターファンの風圧，風量特性図と，図2.41 のような風速特性図から，経験によって，風圧mmH_2O を決めると簡単です．

たとえば，プリント基板のピッチが30mm ならば，2 mmH_2O とか，20mm

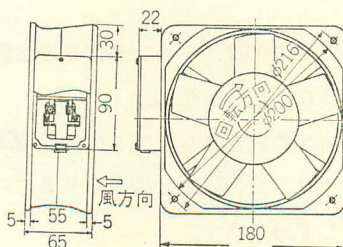



図2.40　モーターファンの特性

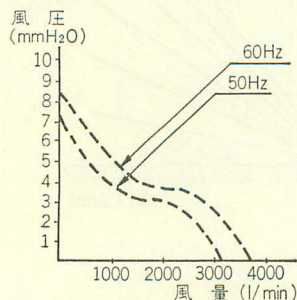
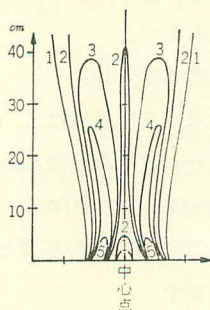



図2.41　風速特性 (m/sec)

ならば，4 mmH_2O などと決めていきます．

風圧については，装置の大きさ，ピッチ，部品点数，部品形状，取付け上のレイアウトなどにより異なりますので，具体的数値をあげるのは困難です．

したがって，装置の完成後，冷却機能が十分かどうか，結果のフォローが必要になるわけです．

(ii) **局部冷却（風洞冷却，水冷，油冷）による強制冷却**

半導体，電力型真空管，トランス，電力型抵抗器，大電流スイッチなどは，とくにその部分を，局部的に冷却して使用するように設計されています．

局部冷却の方法には，一般に，風洞（ダクト），水冷，油冷が使われています．次に，それぞれのポイントを，お話しましょう，

a，風洞冷却

モーター送風機に，風洞を直結し，激しい発熱部に強い風を吹きつける方法です．

この場合に大事なことは，冷却後の熱風を，どこを通し，どこに排出するかという，風の経路のとり方です．

冷却する目的の風洞冷却が，装置内の雰囲気温度を，20〜30°C も昇温していたのでは，何のための冷却か，ということになってしまいます．

また，風洞の構造は，単に管の中に，風を通すことだけではなく，風圧の高い所と低い所，入口に近い所と遠い所などの条件をよく考えて，エアータンクやエアーコックなどで，それぞれの部品に必要な冷却風量が，十分分配できるように工夫することが大切です．

b，水流冷却

大型半導体や電力型真空管には，専門の水冷放熱器が設計されています．これは，半導体や真空管メーカが同時に市販していますので，水冷放熱器の特性から必要な水量を求めて，水の給与方法と合せて決定します．

c，油冷却

この方法は，一般に，トランスの冷却に用いられます．私たちの身近では使用することのまれな，100kVA というような大型トランスの組立て外形の小型

化を目的とした，特殊な場合に採用される方法です．

以上が，局部冷却の方法ですが，さてそれでは，これらの方法をいかに応用するかについて，最も多く使用される，半導体の冷却を例に，具体的に説明していくことにいたしましょう．

図2.42をみてください．

これは，300A型の整流素子の，放熱器側の熱抵抗と，整流素子に流せる平均順電流の特性図です．

さて，いまこの整流器を使って，200Aの平均電流の流せる電源を作りたいという場合，整流器の放熱は，どのようにしたらよいでしょうか．

まず，図2.42より，周囲温度 Ta が30°C以下にコントロールされている雰囲気の場合には，この整流器の放熱器の特性は，熱抵抗 Rth=0.2(°C/W)，つまり1Wにつき，0.2°Cの昇温ということがわかります．

さて，この整流器の放熱で，風冷を採用した場合はどうなるでしょうか．

図2.43の空冷放熱器特性より，熱抵抗0.2°C/Wの場合には，風速は2.5m/secが必要ということがわかります．

ところが，規定トルクで締付けた，半導体素子と放熱器の間にも熱抵抗があります．したがって，この部分の熱抵抗を0.08°C/Wとすると，放熱器自体の熱抵抗は，0.12°C/Wでなければならないことになります．

そこで，図2.43より，0.12°C/Wを得るための風速は，5 m/secということ

図2.42　整流器の熱特性

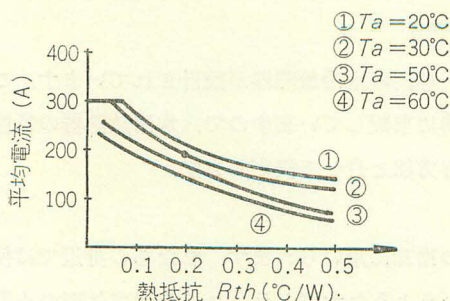
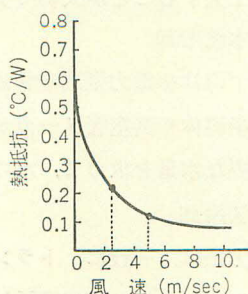
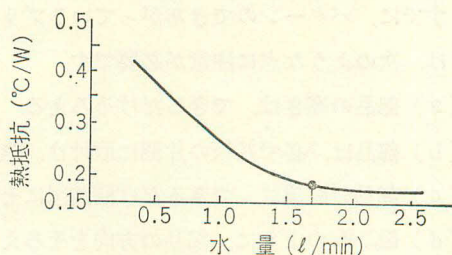



図2.43　空冷放熱器特性

になりました．

次に．水冷による放熱を考えてみましょう

前記整流器の放熱器の熱抵抗0.18°C/Wを得るための水量は，図2.44の水冷放熱器特性図を利用します．

図2.44　水冷放熱器特性

図より，熱抵抗0.18°C/Wを得るための水量は，1.7l/min ということになります．

(iii)　冷却機構の故障の対策

いままで述べてきた各種冷却法を通じて，注意しなければならないことは，冷却機構の故障と誤動作です．

まず，モーターファンや送風機には，周波数の指定されているものがあります．50Hz 用と 60Hz 用の区別が必要です．

また，空冷も水冷も，その働きが停止したりすると，大変なことになります．部品の破損はもちろん，火災になってしまうかもしれません．

通風や水量の検出器を用いて，安全回路を組込む必要があります．

すなわち，運転中は，冷却機構がストップしない，あるいは，冷却機能が停止したり，始めから十分でなかったら，装置の駆動はできないように設計されなければなりません．

2.4　プリント板とその実装方法

プリント板の概略については，すでに第1巻143頁にお話しました．

ここでは，その具体的取扱い方について，お話したいと思います．

■A　プリント板への部品の取付け方

プリント板は，部品がたくさん取付けられること，短い配線ができること，大量生産向であること，配線の個人差があまりないこと．などの利点から，多

用されていることは，ご存知の通りです．

すでに，パターンのできあがっているプリント板の場合には，部品の取付けには，次のような点に注意が必要です．

（a）部品の高さは，できるだけそろえる

（b）部品は，必ず基板の片側に取付け，他の片面は，ハンダ付けのみにする

（c）部品の配置は，できるだけ回路図にそった分りやすい配置にする

（d）図2.45 のように，部品の方向をそろえると外観上きれいになる

（e）プリント板では，配線が交さすることは許されない

（f）配線は，できるだけ短かくする

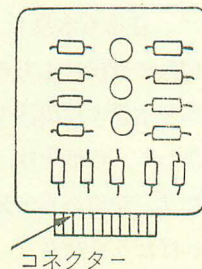
（g）アース線は，1本で太くする

（h）発熱する部品は，他の部品とできるだけ間隔をあける

また，プリント板に取付ける部品の大きさは，おのずから限定されます．重いものを，ムリに取付けると，基板が曲ったり，コネクターが抜けたりする原因となります．

図2.45　方向をそろえる

さらに，大電流を流すような回路は，一般にはプリント板には配置しません．

ところで，プリント板に，自分で部品を配置してパターン設計を行なったり，ユニバーサルプリント板に部品を配置して，部品間をリード線で結ぶような場合には，かなり高度の技術と経験が必要となります．

さらに，高速のパルス動作をさせるようなパターンの設計は，決してやさしいものではありません．とくに，アース線のとり方が，問題となります．

ここでは，これらについては，簡単にふれるに止めます．

B　プリント板の配置

プリント板は，一般には，コネクターを用いて，シャーシ上に固定されますが，多数のプリント板を並べるときには，図2.46 のように，その間隔は，2～

3 cm程度はとりたいものです．

これは，隣の基板に接触しないこと，出し入れが容易であること，スペースの有効活用，放熱・通風が十分であること，基板間の短い配線を行なえること，などの点から決めることになります．

機能的には，配線図，ブロック図にしたがって，できるだけ区分しやすいように，入力と出力を順序よく，よく似た動作の基板は近くに取付ける，などの工夫をします．

発熱体とか発振器が近くにある場合は，できるだけ他の部品から離すようにしたり図2.47 のように，しゃへいしたりして，極力影響を少なくしなければなりません．

また，プリント板を並べるときには，部品のついている側をそろえ，コネクターの端子番号もそろえるように配置します．

プリント板を用いると，コネクター側の部分が，配線のみで広くあいてしまいますが，この部分は，配線チェックとか，動作チェックのために必要なのです．

ですから，コネクターのピンがかくれてしまうようなシャーシの構造上の部分や，またその上に部品を設置するようなことは避けなければなりません．

図2.46　プリント板の間隔

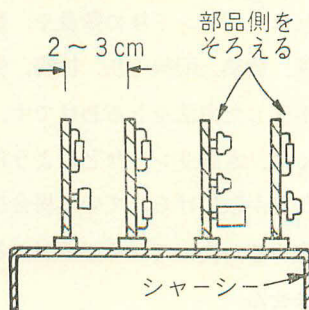
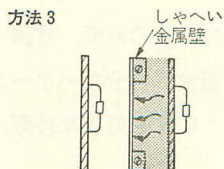
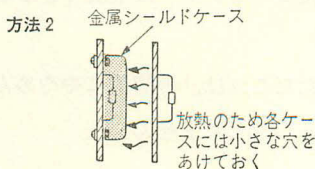
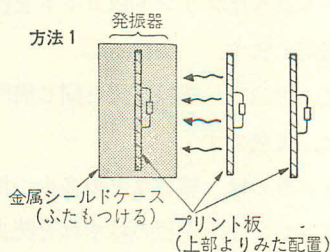



図2.47　しゃへいの方法

■C　プリント板の取付け方向とホルダー

プリント板を出し入れする方向，つまり取付けの方向としては，図2.48 のよ

うに，垂直方向と水平方向の二通りがあります．

これは，プリント板の数量や，他の電気部品との位置関係，放熱，配線方法，機構，保守などにより，いずれか適した方法をとるわけです．

とくに，水銀リレーなどのように，方向が決まっている部品が取付けられている場合には，最初にどちらを優先するか決めておく必要があるのは，いうまでもありません．

さて，方向が決まると，いずれの場合でも，図2.48にあるようなプリント板ガイドを使って，プリント板を固定します．

この方法は，機械装置と同じ箇所に設置する場合などに，便判です．

というのは，機械などの多少の振動が伝わっても，ガイドがプリント板のはずれを防止しますし，また，確実にコネクターに装着できるという利点があります．

ただこれは，機構的にややめんどうなのが欠点といえるかもしれません．

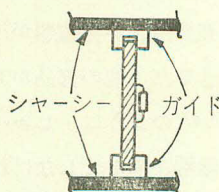
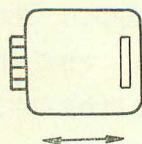
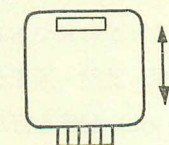
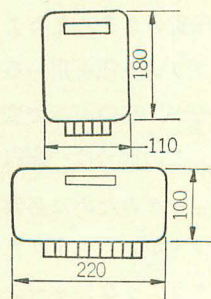
図2.48　プリント板の取付け方向

図2.49　プリント板の外形，寸法例

■D　プリント板の外形，寸法

プリント板は，自分でパターン設計を行なう場合には，いかようにでも好きな外形，寸法で決めることができます．

しかし，できるだけ共通した大きさに決めて，標準化することが，コスト的にも，あるいは組立てからみても大切です．ただ，コネクターの部分のみは，ピン数などで決まっています．

ところで，コネクターを使用しないで，直接プリント部分に配線するような

場合もありますが，これは，1枚だけのプリント板の場合とか，または特殊な場合に限られます．

2.5　電子装置の取付け方

制御装置のコントロールパネルに取付ける部品には，操作スイッチ類，表示灯類，フューズ類，各種メーター類，電子装置類に大きく分けることができます．

ここでは，最後の電子装置類の取付け方についてお話しようと思います．

電子装置の種類については，第1章で代表的なものについて詳しく説明しましたが，ここでもう一度，その形状，機能などの見地から整理しますと，次のようになります．

電子装置
1. 表示のみ行なうもの
   a　時間計
   b　パルスカウンター，ディジタル表示器
   c　記録計（丸型記録紙，帯型記録紙）
2. 設定した電気信号を発生するもの
   a　タイマー
   b　プログラム信号発生器，定電圧電源
   c　パルス発生器，信号発生器
   d　調節計（記録調節計）
3. 電子装置間の接続に利用される変換器

これらの中には，電磁パルスカウンターや時間計，モータータイマーなどのように，電子回路を含まないで構成されているものもありますが，電子装置に不可欠のものなので，あわせて説明していきたいと思います．

これらの電子装置を取付ける際には，どんな心がまえが必要でしょうか．

まず第一に考えることは，電子装置を利用する装置全体をシステムとしてとらえること．そのシステムの構成が，どのようになっているかを考え，システムに応じた信号の伝達にしたがって，電子装置の取付けを行なうこと．

第二に，それぞれの電子装置の操作性，監視のしやすさをよく考え，その装置を使う人間の作業効率を，人間工学的に考え，取付けること．

第三に，電子装置相互の間隔を適当にあけ，取付けのしやすさ，パネル面での取扱いやすさを確保すること．

第四に，各電子装置間および入出力の配線において，他の配線からの電気信号の相互干渉や，ノイズをひろうことを防ぐ策を講じること．このためには，微少電圧，電流線の引まわし配線をせず，増幅された信号線で配線したり，シールド線を利用する．

さて，これらの注意は，具体的にどのように生かされるか，次に1例をあげてみていくことにいたしましょう．

図2.50をみてしださい．

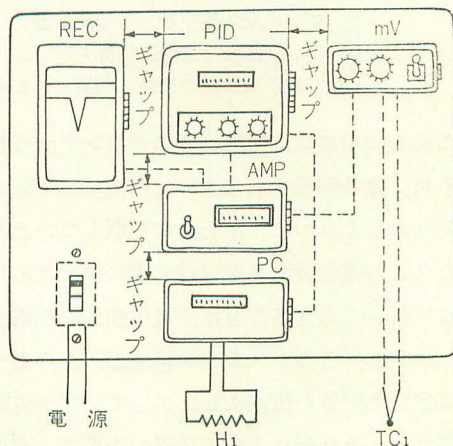
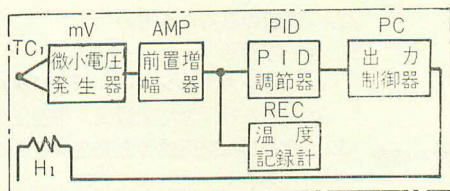
これは，加熱器 H_1 の発熱電力を制御するシステムと，それに必要な電子装置の取付け図です．

図2.50　加熱器の制御システムと取付け図

図を追って説明していくと，まず，熱電対によって，加熱器 H_1 の温度検出を行ないます．熱電対は，異種金属を組合せ，温度差によってその間に生じる数+mV以下の微小熱起電力を利用して，熱エネルギーを電気エネルギーに変換するセンサーです．

次に，この熱電対で検出した熱起電力を，温度測定用の微小電圧発生器mVの出力と比較します．

比較された偏差微小電圧は，増幅器AMPによって取扱いやすい電圧信号に増幅します．

さらに，増幅された電圧信

号は，調節器ＰＩＤの入力信号とするとともに，温度記録計ＰＥＣの入力とします．

次に，調節器の出力信号で，出力制御器ＰＣを駆動し，加熱器 H_1 の発熱電力を制御するわけです．

このシステムに利用される各電子装置は，市販品として容易に見出しうるものばかりです．これらの装置を一例として図2.50のように取付けてみました．

温度の設定は，ｍＶの操作ノブにより，ＰＩＤ設定は，ＰＩＤ調節器の操作ノブにより行ないます．また，記録計ＲＥＣは，常時監視されています．

しかし，前置増幅器ＡＭＰおよび出力制御器ＰＣは，日常の操作の不要のものなので，作業者の手や目の高さより低い位置に設置しても，支障は少ないでしょう．

さて，外部配線では，電源，加熱器および熱電対入力 TC_1 があります．

出力制御器ＰＣから，加熱器 H_1 への出力配線は，操作パネルの床に近い低い位置から，コネクターなどで取出し，電力用配線を施します．

電源も同じように扱います．

ここで注意しなければならないことは，熱電対の発生する微小起電力は，外部からノイズを拾い，誤った信号となる恐れがある，ということです．

そこで，単に熱電対だけでなく，熱電対と計器間の接続に使用される補償導線にも，シールド線付補償導線を利用しなければなりません．

また，各装置間の間隔は，表面パネルへの取付け状態で，ギャップ50～70mm程度はあけたいものです．そうすれは，各計器の取付けや，パネル面での操作性がよくなります．

この取付け間隔は，各機器ごとにカタログに記載されていることが多く，それを参考にします．

2.6　配線の方法

配線の方法としては，一つのシャーシ上に設置された部品間の配線と，多数のシャーシ（ユニット）間の配線に分けて考えてみたいと思います．

■A　多数のシャーシ（ユニット）間の配線方法

すでに,「入出力端子の取付け法」の項で述べた，コネクターを利用します．これは，個々の調整とか保守，組立てのやりやすさにつながるだけでなく，線数の多い場合には，必然的に要求されてきます．

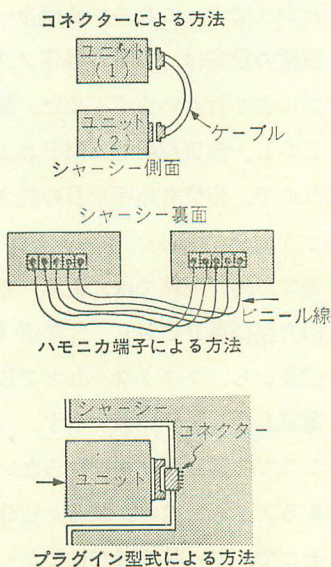
図2.51　シャーシ間の配線方法

プラグイン型式による方法

ハーモニカ端子などの中継端子は，シャーシ間の配線には不向きです．これは，あまりユニットとして独立した感じのない場合とか，片側が直接モーターなどの機械に設置された部品への配線などの場合に多く使われています．

コネクターの場合は，接触するのみですから，接触不良になりやすい欠点もあります．

また，一般のコネクターには，ビニール線などのより線を束ねて用いますが，とくに高周波とかシールドを要する配線には，同軸コネクター，同軸ケーブルを用います．

ユニットが，プラグイン型式になっている場合には，コネクターが，直接相手のシャーシ上のコネクターに接触しますから，ケーブルは不用になるわけです．図2.51 に，それらの方法を示します．

■B　同一シャーシ（ユニット）内の配線方法

（i）　配線は，部品の上，下を通さないこと

配線は，部品の上とか下をくぐり抜けて行なってはなりません．これは，部品が発熱体の場合には，線材に影響するからです．また，部品交換，修理，点検に大変ジャマになります．図2.52 のようにします．

図2.52　部品の上下は通さない

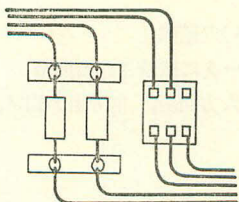



図2.53　線はたばねて一つに

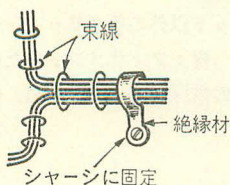
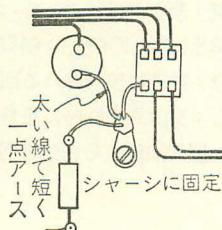



図2.54　アース線は太く一カ所に

(ii)　線はたばねて一つに

多くの線材が重なってしまうときには，図2.53 のように，ビニールひも，麻ひもなどで束線し，シャーシ上では，絶縁材でおさえつけます．

(iii)　アース線は，太くできるだけ一か所に

シャーシは良導体ですがですからどの位置でシャーシに接続してもアースが得られます．ただしできるだけブロックごとに，図2.54 のように，1 点でアースし，ブロック間を太い線で結びます．

図2.55　配線がシャーシをくぐるとき

(iv)　配線は色分けをする

ビニール線は，一般に色別されています．これは，配線をみたとき，電圧の高い部分と低い部分，交流・直流の区分がしやすいように使いわけるためなのです．

色別することにより，誤りが少なくなります．たとえば，＋側は赤色か茶色アース線は黒というようにします．詳しくは，図2.56 に，JIS をあげておきます．

(v)　単線，より線，シールド線の使い分け

単線は，電流が比較的多い部分で，固定できる部分に使います．

より線は，ほとんどすべての場合に使います．

シールド線は，すでに述べたように，雑音などを防止する場合です．

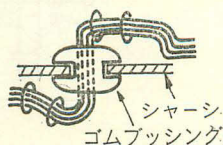



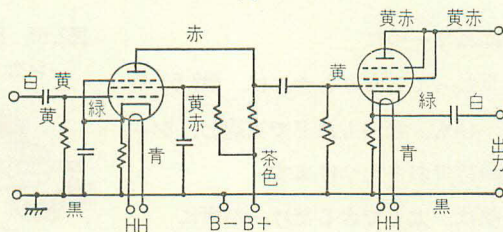
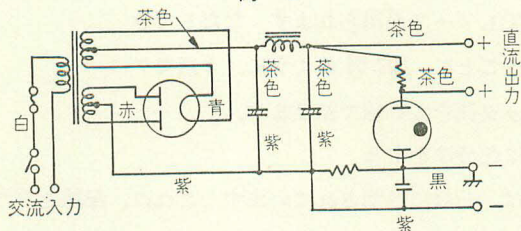
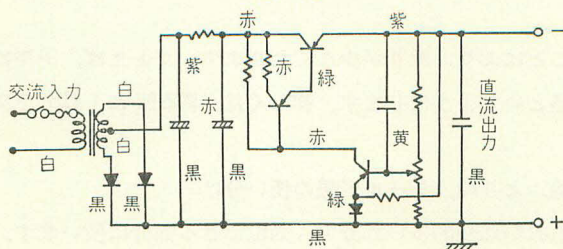
図2.56　配線の機能別色分け（JIS C6003）

黒：接地回路　　茶：正回路　　赤：陽極の結線

黄：制御グリッド(ベース)の結線　　紫：負回路

黄赤(ダイダイ色)：制御グリッド以外の各グリッド(ベース)の結線

緑：陰極に接続される回路　　青：フィラメントまたはヒータに接続される回路

白：交流入力回路，正負以外の電源回路，補助回路，信号入力回路，信号出力回路，制御回路，その他の回路

ただ，ケーブルにして自由に動かしたいときには，より線でなければなりません．

（vi） シャーシをくぐり抜ける配線

配線が，シャーシの上から下へ抜ける場合，大きく穴があけられているならば問題はありません．しかし，その場合でも，図2.55のように，シャーシの角で線材で断線しないように，ゴムブッシングを用います．

（vii） 太い線と細い線のアース線

太い線とは，たとえば2mmφ程度以上の銅線で，より線の場合には，20芯程度以上が目安となるでしょう．ここでいう太い線のかわりに，幅10mm，厚さ1mmぐらいの銅板を使うこともあります．電流からいえば，だいたい1Aを基準にして太い細いを分けるとよいでしょう．

アース線に，大電流を流すときには，この太い線，もしくは銅板を使います．電流が少なくて，線数が多い場合には，細い線をアース線に用います．ここで同じアース線でも，太い線と細い線は別々に束線し，一点でアースします．

（viii） 機能別の配線

高圧部分と低圧部分は，分けなければなりません．また，大電流と高速パルス回路なども分けます．さらに，電源部とその他の部分も分けなければなりません．

第2話　その3

電子装置を組立てる上での注意

すでに述べてきた項で，電子装置に使用される部品の特性，基本回路，応用回路などの成りたち，および回路の接続方法，そして実装のいくつかの具体例を学んできました．

さて，このような回路を実際に組立てていくときには，以上述べてきた点以外にも数多くの実装上の注意点があります．それは，回路を組立てていく場合の基本的事項ばかりではありません．

つまり，どこにも書かれていない，各会社において長年積み重ねられた経験としての組立て方法の技術があるのです．

本項では，それらの貴重な経験事項の中から，一般的に指摘しうる項目について述べてみたいと思います．

3.1　配線の接続方法

部品と配線線材とを結ぶ方法には，いろいろあります．ここでは，ハンダ付け法，ワイヤラッピング法，圧着端子について説明しましょう．

■A　ハンダ付け法

周知のように，最も広く一般的な方法で，簡単，確実，修正が容易，線材は一般の銅系統であれば，太さ形状にかかわりなく接続できる，などまことに便

利な方法です．

ただ欠点として，個人差があって，いわゆるハンダ付けのベテランと称する人が生まれるように，上手，下手があります．

見かけは完全なようでも，コテの温度が低すぎる，線材が酸化していてハンダがのらないなどの原因で，不完全接触していることもあります．

また，ハンダ付けの後は，ハンダに含まれている多少の薬品のため，腐食することもありますので，接続部をきれいにふきとるなどの処理が必要です．

プリント板の場合には，ハンダ付けする側が決まっているので，量産の場合などには，部品をあらかじめ取りつけておいて，基板全体を，半田を溶かした容器の中へ浸すことにより，一度にすべてのハンダ付けを終了させる方法もとられています．

ところで，ハンダ付けは，いつの場合にも最もよい方法というわけではありません．

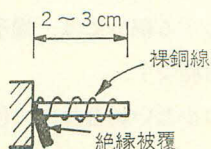
というのは，ハンダ付け部分から多少の雑音を発生することもあり，ストレインゲージなど極めて微妙な電気信号回路には，低雑音ハンダという方法が採用されます．

また，何十，何百アンペアという大電流では，ハンダ付け部分が発熱して，溶けてしまうこともあり，不向きです．

しかし，たとえ電気のことはよくわからなくても，ハンダ付けはやったことがあるという人は多いように，配線の接続法としてハンダ付けは，画期的なものであることは確かでしょう．

■B　ワイヤラッピング法

図2.57　ワイヤラッピング法

ワイヤラッピング法は，電子計算機や電話交換機用リレーの配線方法として発達してきたもので，図2.57に示すように，コネクターなどに付いているピン（2～3 cmの長さ，太さは1 mmφ程度）に，裸銅線

を巻きつけるものです．

巻きつける部分は裸銅線ですが，それ以外は絶縁被覆の線材で，銅線自体は単線のものが用いられます．

特長としては，巻線機（ワイヤーラッパーと呼ばれる）を用いるので，個人差がなく，非常に確実に接続できる，という点です．したがって，電子計算機などに利用され，自動配線システムのように，接続の機械化として生かされています．

欠点としては，機械が必要なこと，ピン形状，線材が規定のものしか使えないこと，修正が極めてむずかしいこと，用途が限定されることなどです．

金属棒にワイヤを巻きつけるだけで，一般的には，接触に問題があるように思えますが，実際はハンダ付けよりずっと確実で，信頼性があるのです．

この方法は，大電流用には適していません．もっぱら，プリント板のコネクターピン間の配線とか，交換機用リレーの配線のように，多数の配線がアミの目のようにあり，配線の手数がかかる場合にうってつけです．

■C　圧着端子とねじ止め法

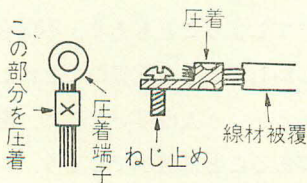
この方法は，比較的電流容量の大きな配線に用いられます．

図2.58 のような圧着端子に，より線を用いて，圧着工具により線材を圧着接続します．

図2.58　圧着端子とねじ止め法

端子には穴があいているので，そのままねじ止めすればよいわけです．

ねじ止めする部分には，端子を重ねることもでき，また，直接機器へ接続することも可能です．

配線数の少ない場合には，便利です．

3.2　回路構成の方法

今まで，各種の説明で，回路ブロック図を引合いに出してきました．ここで回路ブロックそのものをとりあげて，その考え方を述べたいと思います．

電子回路は，複雑な構成になっていても，明確に動作とか機能別に分類することができます．関係のある回路を，ブロックとしてまとめると，非常にわかりやすくなります．

さて，その区分の方法は，回路により考え方も異なり，一概に一般化はできませんが，図2.59に一つの典型を示しました．この図をもとに回路ブロックを考えてみたいと思います．

図2.59　回路ブロック構成例

まず，いかなる装置にも電源は必要ですから，大きく分類します．

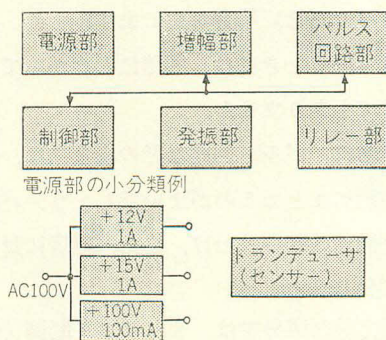
電源については，さらに別に，小分類して，それぞれの電源について回路図を作成します．

さらに，基本的な電子回路として，増幅回路，発振回路，パルス関係の回路，とくにリレーを多く用いるときにはリレー部，各種スイッチや機械からの信号を受けたり制御したりする主要な操作関係をまとめた制御部，というように区分することになるでしょう．

このようにして回路を分類するときには，まず，できるだけ相互の回路間の接続数が少なくなるような方法を考えます．

たとえば，増幅部にパルス制御回路が含まれて，混然としているようでは，動作が理解できません．

回路をブロックに別けるとき，そのブロックにおける回路の規模は，必ずしも同じである必要はありません．

総合的にみてそれが重要な機能であるならば，たとえば図のトランデューサ（またはセンサー）のごとくに独立して分類すべきです．

こうして，図のようにブロックにまとめたら，関係あるブロック間を線で結んで理解しやすいようにすれば，ほぼ回路ブロック構成は完了します．

さて次には，少し細かい構成として，プリント板にまとめる場合を考えてみましょう．

プリント板の扱いについては，前項でお話しましたが，再び，回路構成の面からふれてみましょう．プリント板を用いる理由の一つは，短い配線そしてスペースの有効活用ですから，最も関係ある回路を個々の基板にまとめるのは当然でしょう．

しかし，面積が限られていますから，同じ系統の回路でも，二つに区分しなければならない場合が生じます．

そういうときには，回路にしたがって，入力側から順に区分すべきなのはいうまでもありません．

さらに，パルス回路などの場合には，一安定マルチバイブレータのように，機能別にまとめるのがよいでしょう．パルス回路ではさらに，比較的高速の部分と低速の部分に分け，また，雑音に対して問題のある回路とそうでない回路を区分します．

電力的な区分では，サイリスタ制御（位相制御）のような交流大電力制御の部分と，直流の微小電力制御回路は当然分けます．

また，電圧として高圧と低圧，温度的に高温度と常温部，発生部と検出部などを区別する方法もあります．

さらに細かくみると，個々の電子回路については，たとえば図2.60のようにリレーを使えば十分なのか，高速のためフリップフロップ回路を使うべきなのかなど，その辺になると，どれをとってみてもその判断に迷われることでしょう．

図2.60　どれを使うか迷う

リレーか、トランジスタか、ICか、サイリスタか？　スイッチの選択を行なう。

原則としては，できるだけ簡単な方法を用いる，ということにな

ります.

細部ということではまた，トランジスタやIC，リレーをたくさん用いる回路では，それぞれの部品に応じてそのたびに，いろいろな電源を準備するのは大変です.

したがって，そのようなときには，図2.61のように，できるだけ電圧をそろえるよう工夫しなければなりません.

図2.61　電圧を共通にできないか

以上断片的な説明でしたが，回路構成を考えるときには，自分だけでなく他人にも修理，調整が容易にできるように，標準化された，経験のある，一般的な回路を用いるべきです.

それには，できるだけ類似の回路を多くみて，「回路に慣れる」ということがここでも大切になります.

そうすれば，特殊な回路でも，何となく機器の規模と性能から判断して，何が必要かが自然に理解できるようになるものです.

各機器についての回路構成上の具体的な使用例は，たいていのカタログに出ていますから，最初は，これらを利用するのがよいでしょう.

3.3　点検の容易な組立て

電子装置には，必ず故障がつきものです．故障の点検，修理がいかに簡単に早くできるようになっているかということで，その機械の稼動状況に大きな影響がでてきます．このことは，すでに折にふれ述べてきました.

しかし，故障の確率は，多かれ少なかれすべての部品に存在するわけで，これらすべてに対処するのはむりな話です.

そこで，故障個所はどこか，どのブロックかということができるだけわかりやすいように，図2.62のように，チェック端子を設けるとか，ランプ表示をするのも一つの方法，ということを前に説明してきました.

ところで，こうしたことは，最初に回路設計をするときに，あらかじめ決め

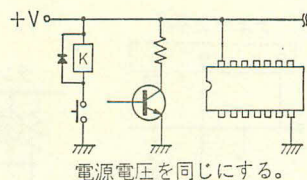
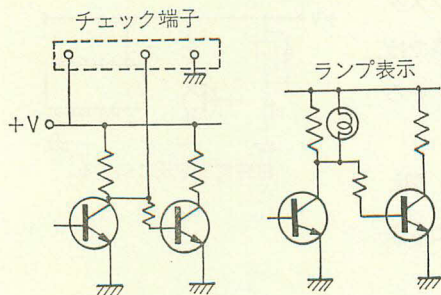
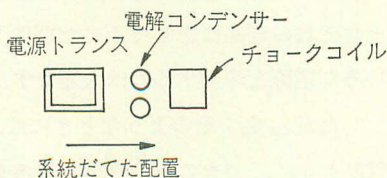



図2.62　チェック端子とランプの表示法　　図2.63　系統だてた配置

ておくものです．そこでここでは，組立てる上での注意事項に絞って説明したいと思います．

（i）部品を密に設置しない

スペースがないからといって，電子部品を密に組込み，さらには，空間ならどこにでもアングルを立てて設置するということは，その部品に手が届かず，電気的動作のチェックができないばかりか，交換のときには大変困ります．

ですから，平面配置にして，テスターなどによりチェックができるようにすることが大切です．

（ii）回路に一致した配置

これは，故障の際，回路図がなくても，ある程度の故障個所発見を容易にするためです．

大きな部品の場合には，やむをえず離ればなれになりますが，図2.63のように，何らかの系統だてた配置が理想的です．

（iii）ソケット，コネクターを用いる

故障しやすい部品，また定期的に取替えの必要ある部品については，ソケット式，コネクター式にして固定するのがよい方法です．しかし電流，電圧に注意して，定格の仕様で満足するものを選ぶことが必要です．

（iv）部品は，一方向から全体を見渡せる方向に取付ける

シャーシを引き出したり，フタを開けて電気部品を眺めるとき，同一方向に部品が取付けられていると，シャーシをひっくり返したりする必要もなく，便利です．

また，そうなっていれば，電解コンデンサーの破壊，抵抗の焼損など，他の部品と比較することによって，一見して異状に気付くという点もあるのです．

（v）　ハンダ付け端子，部品端子は露出していること

これは，電気的チェックのためには，オッシロスコープとかテスターなどの計器を接続しないとできないからです．チェック端子が，かくれているようでは，大変めんどうなことになります．

やむを得ず端子がかくれるような場合には，どこかに中継端子を設けて間接的にチェックできるようにしなければなりません．

（vi）　シャーシの構造

点検するとき，シャーシー部分は，簡単に引き出したり，また，フタを取って中が見えるようになっていなければなりません．

シャーシは，適度なねじで止められており，パネル面などで簡単に着脱できて，しかも確実であることが必要です．

場合によっては，ねじ止めばかりでなく，押込み式のものでも十分のこともあります．

また重いシャーシには，ローラーを付け，ケーブルがある場合には，余裕をもって出し入れできることも大切なことです．

組立てていくときは，是が非でも完成させなければ，という使命上，たとえ苦労してでも無理に部品を取付けて，シャーシに納めたりしますが，これでは後が大変です．

故障，点検が容易であるということは，一つには故障個所が容易に発見できる構造であり，さらに修理交換の行ないやすい組立て方になっていること，ということになるでしょう．

3.4　ノイズとシールド

電子装置，とくに機械装置と結合した電子装置においては，その誤動作の大部分がノイズによるものと考えてよいでしょう．

そして，ノイズの影響から逃れるために，さまざまな方法が用いられ，実際には，相当苦労のタネとなっています．

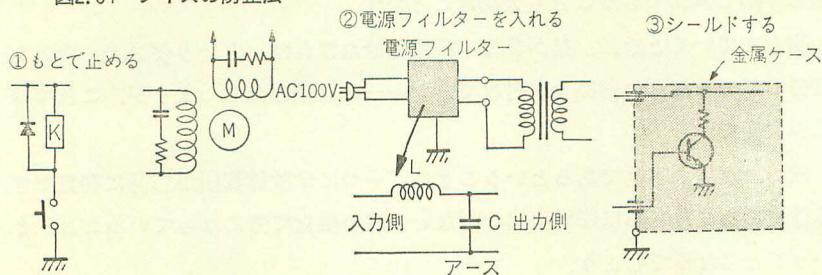
これは，何といってもノイズを発生する装置からのノイズのもれを止めなければなりません．

たとえばリレーの場合には，ダイオードとかコンデンサーを利用したスパークキラー（第1巻179頁，197頁参照）を入れなければ，必ずノイズを発生し他の回路へ影響します．

もしこれを入れないで，影響を受ける側だけで防止しようとすると，キラーの何倍，何十倍もの規模のものをつけなければならないでしょう．つまり，ノイズは，もとで止めよ，ということが原則です．

■A　外部ノイズの防止法

外部の電源ライン（A C 100V）を通してノイズが入ってくる場合があります．このときは，図2.64の②のように，A C100V と電源トランスの間に電源フィルターを入れると効果があります．

図2.64　ノイズの防止法

この電源フィルターとは，雑音が入ると，コイルLとコンデンサーCで，それを減衰させるよう働き，出力側には雑音分が減った交流電圧が現われるというものです．

さて，一般にノイズで最も問題になるのは，火花を発生する装置からのパルス性のノイズです．

なぜパルス性のノイズが問題かといいますと，一般のノイズは，種々の周波数成分の合成であって，低周波と高周波に，その強度もだいたい偏っているのが普通です．したがって，フィルターによって問題になる周波数成分を除去するようにすればよいことになります．

ところが，火花から発生するパルス性ノイズは，全周波数帯にわたり，しかも電線と空中の両方からとびこんでくるので，防ぐことは難しくなります．

また，高周波加熱設備などの極めて周波数の高い発振器があると，わずかのすきまからもノイズがとびこんできます．

これらの場合には，電子装置を遠くへもっていくか，シールドするより他手はありません．

一般的には，このようなものを同時に併用するということは，あまりありませんから，設置場所に注意を払うということになります．

■B　シールドの方法

シールドは，一般には，微小信号の増幅を，安定して行なうために実施されます．ただ，発振器の場合には，エネルギーが，外部にもれていかないように，つまり，ノイズ源そのものをシールドしてしまいます．

ところで，シールドには，すでに「変圧器の組立て」の項で述べたように，磁気シールドと静電シールドがあって，何でもよいから金属板で囲めばよいということではありません．

しゃへいの具体的方法についても，すでに述べましたが，磁気シールド（たとえば，トランスから発生するハム＝交流雑音）に対しては，磁界が外部にもれないような金属，すなわち高い透磁性のある鉄板を使い，静電シールド（た

とえば，火花，強い交流信号や高周波）には，銅板が効果があります．

ところで，シールドを行う場合には，理想的には，水がもれないような構造ということになりますが，このようにはなかなかできませんから，できるだけすきまがないように心がけてください．

また，どこかに穴があいていると，効果が少なくなってしまいますから，電源，入出力端子の接続には，穴の大きさ，位置に注意します．

さらに，シールドを行う内部に発熱体を入れると，放熱上，穴をあけざるを得なくなってしまいますから，発熱体は，シールド内には入れないようにします．

さて，以上はシールドケースを用いていますが，mV程度の低レベルの信号の伝送には，シールド線を用いた配線が必要です．

図2.65　シールド線

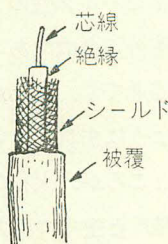
シールド線は，図2.65のように，芯線のまわりに細い金属線を編んだ，いわゆるシールド線があって，芯線にノイズが入り込まないように工夫されています．

とくに，1mV以下の微小信号には，こうしたシールド線なくしては，配線は不可能です．

ところで一般に，ノイズが電子回路に入り込んでくる場合には，空中をとんでくるよりも，電源から入ってくる要素が大きいのです．

このために，すべての回路に共通するアース線および直流電源ラインの配線方法が非常に重要になるのです．この点については，前章，「電子装置の使い方」においてお話したわけです．

また，すでに回路をブロックに分ける説明をしましたが，各ブロック，各プリント基板，各ユニットなどの，電源からの入力端子には，それぞれにノイズフィルターを入れるのも効果があるものです．

しかしノイズによる影響を受けるのは，主として半導体とか真空管で，リレーの動作のみの回路の場合には問題はありませんから，その使用部品により決

めるのはいうまでもありません．

3.5　故障部品の交換

装置が故障する原因としては，配線上の不良とか，外部から衝撃が加わるとか，仕様以上の無理な使い方をしたための各部の劣化など，いろいろありますが，部品自体の故障に関するものがほとんどといってよいでしょう．

電子装置は，その部品点数からしても，故障の確率が非常に高くなっています．そのために，場合によっては，1個故障しても全体としての機能に変化がないように，二重，三重の安全回路を具えることも当然できます．

ですから，装置が故障した場合には，まずその原因を追求し，部品自身によるものか，外部からの異常動作により故障したものかを判断しなければなりません．

もし外部からの原因であるならば，そちらを処置しないことには，部品をいくら交換しても，何度でも同じことを繰り返します．

ここでは，部品自身の劣化による故障が発生した場合についての交換，およびそれに付づいする問題について述べることにしましょう．

■A　部品は，できるだけ入手しやすい標準品を選ぶ

これは，極めて常識的なことです．もし許されるなら，今までに使った経験のある部品，あるいは，故障してもすぐ補充のきくものを使用します．

特殊部品はやたらに使用せず，どうしても必要なところだけにします．

とかく新しい部品を使ってみたいものですが，十分なデータの検討なしにそのようなものを使うことはよくありません．一般には，JISの規格に入っているものは，安全といえましょう．

■B　予備部品の準備と定期的な交換

マイクロスイッチが，カムにより駆動されているような場合，またリレー関係の動作など，機械的な動作が入る部品は，必ず劣化します．ですから，こう

した部品は，常に予備を準備し，あるいは，定期的に交換することです．部品には，人間の体のごとく自己回復力のあるものはありませんから，適宜交換してやるより手はありません．

■C　部品の設置場所

部品あるいは装置が置かれる場所は，適当な環境でなければなりません．

たとえば，振動の多いところ，ほこりの多いところ，高熱の発生するところ湿気の多いところなど，全てが悪い影響を与えます．

部品の定格として，温度範囲とか湿度などの幅が，かなり広いものが多くありますが，だからといってそのような条件に故意に置くのは，やはり故障のもととなります．

■D　ソケットの利用

部品を交換するときには，ソケット式になっていると，ハンダ付けをわざわざはずすような手間がかからず，楽に行なえます．

■E　できるだけ同一仕様のものを多く用いる

これは，たとえば一つの装置の中に，24Vのリレー，12Vのリレー，100Vのリレーというように，仕様のことなるものを乱用しない，ということです．

できるだけ共通のものを用いることが，故障部品の交換を容易にします．

さて，以上は部品が故障する前の予防策，ということですが，現実に故障してしまったらどうしたらよいのでしょうか．

（a）　まず新しい部品があれば交換してみる

これは当然のことですが，機械装置が主となる職場では，簡単にすぐ手に入るかどうか疑問です．そこで……

（b）　よく似た定格の部品があれば，それと交換してみる．

たとえば，ダイオードなどは，少々電流値，耐圧が異なっていても，たいていは代替できるものです．そして，応急処置をしたら，直ちに定格通りのもの

を手配します．また，電解コンデンサーでも，容量値の多少の違いは，著しく回路の性能を変化させるというようなことは，あまりありません．

（c） 交換するときは，周囲の状態もきちんと整理する．

ハンダ付けを取りはずすような場合とか，ねじ止めをはずすような場合にはとかく修理した後は，きたなくいいかげんで，ハンダのゴミなどがそのままになっていたりします．しかし，これでは他の故障を引き起す原因を作っているようなもので，処置後はきちんと整理しなければなりません．

（d） 交換部品がどうしても手に入らないとき．

別の回路を作って代替できないものかどうか，検討します．とくに大きな部品でない限り，唯一の電子回路というのはまれで，別の回路で十分役に立つのが普通です．

ですから，早くこのような場合に対処できるように，回路の研究も欠かせません．

3.6 フールプルーフ

フールプルーフ（fool proof）とは，機械設計においてと同様に，故障が起きないようにするには，どうするかという安全設計や，保護装置をさします．

安全設計とは，単にコンデンサーの耐圧を使用状態の何倍も大きく選ぶとか抵抗のワット数を大きく選ぶことだけではなく，操作する部品の手順に間違いがあっても故障しない方法とか，コネクターが多数あっても，間違って入らないように工夫するなど，人間がおかす単純なミスに対して，常に安全な方法を講じることなのです．

ただ，安全設計と装置のコストとは，うら腹の関係ですから，どこで区切りをつけるか，ということが問題になるでしょう．

保護装置も，考え方としては安全設計と同じで，具体的には，故障が重大な事態につながる場合には，二重，三重に同一機能を付け加え，一系統故障しても，他でカバーするような，いわゆる保護回路を設けます．

たとえば，電源回路を誤って短絡したが，保護回路によって，部品の故障を

防いだ，というようなこともよく耳にします．

フールプルーフとは，安全，保護のように，故障に対する積極的な予防対策ですから，いくら気を使っても使いすぎるということはありません．

しかし，装置全体から考えて，このような対策が必ずしも最優先されるとは限らず，一般には何らかの理由で縮小してしまい，まあまあこの程度でいいだろう，ということに落ちついてしまいがちです．

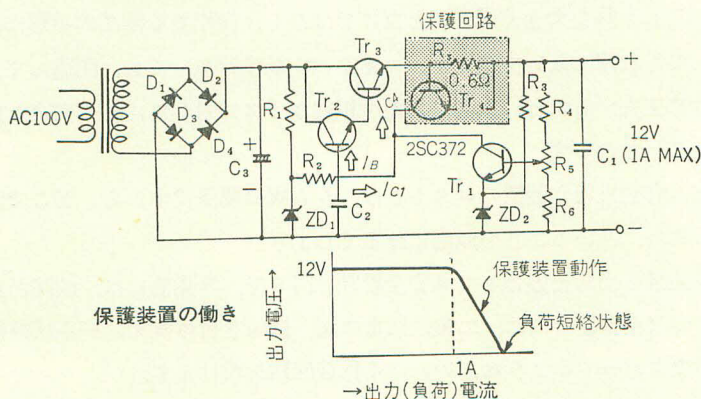
このような妥協は，場合によっては決してよいことではありません．

たとえば，高圧がかかって，ミスをすると感電するというような人命にかかわる場合には，フールプルーフは最優先されなければなりません．

たとえばこの場合には，その部分にさわれないような構造とか，さわるには，電源が切れて，高圧が低下している，というような保護装置がつけられるでしょう．

このように，フールプルーフは，装置を設計する場合に，あらゆる角度から検討されるべきもので，機械のみとか，電気のみとかに切離して考えるのではなく，総合的な見地から検討が加えられなければなりません．

保護回路の具体例を，あげてみましょう．第2巻76頁のトランジスタ直列型定電圧回路に，こころみに応用してみたのが，図2.66の回路です．この回路と

図2.66　定電圧電源回路のフールプルーフ例

第2巻76頁の回路を見較べてください．

第2巻76頁の回路では，誤って負荷を短絡したときには，Tr_3 に過大電流が流れ，Tr_3 は破壊することもありえます．また，そのときには同時に，整流素子 D_1～D_4 およびトランスにも過大電流が流れてしまいますから，いずれかの部品が破壊したり劣化してしまいます．

そこで，図2.66 の点線内のような保護装置をつけたわけです．この部分の動作は，図の下部に示しました．

この動作図から，負荷電流を流し続けると，1Aを境として電圧が下っていくのが分ります．

これは，何故でしょうか．

保護回路の中の抵抗 R_S には，負荷電流と同じ電流が流れており，そのため電圧降下が発生します．この電圧降下が，Tr_4 の V_{BE}(0.6～0.8V程度）に近づくに従い，Tr_4 は順方向にバイアスされ，コレクタ電流 I_{C4} が図の方向に流れようとするのです．

この電流は，I_{C1} を吸収してしまうように流れると，同時に I_B が減少するため，Tr_2, Tr_3 の動作をしゃ断方向へ追いやることになるのです．

そこで，定電圧の機能がなくなってしまい，電圧が低下し始めるわけです．

しかし，たとえ負荷が短絡状態になっても，Tr_2～Tr_3 は，わずかに能動状態にありますので，短絡状態を開放すると，再びもとに復帰してくれます．

ところで，この回路の付加によって定電圧動作に影響がでる，という心配は通常の使用ではありません．

第2話　§その4

機械のエレクトロニクス・実際例

以上学んできた機械のエレクトロニクスの集大成として，数多くの装置が，各分野で活躍しています．

「エレクトロニクス」という現代の魔術は，あらゆる機械を自在に操つることを可能にしつつあります．

機械とエレクトロニクスが融合した装置は，今後もさらに発展し，技術の高度化に対応しつつ，高精度化，高能力化，無人化自動化の主役を担い続けるでしょう．

とかく取付きにくいエレクトロニクスも，機械に必要ということから，その範囲を絞って学ぶことによって，親しみを増したように思われます．

現在の機械技術は，いろいろな意味で総合技術となりつつあり，機械とエレクトロニクスは，増々親密になっています．

ここで，そうした実際例を，現在完成されている装置の中にみていきたいと思います．

〈プロセス制御装置〉

温度や流量などを，アナログ式制御器で制御するものがほとんどです．しかしそれも，現在では，電算機の導入によって，一部ディジタル化し始めています．これは，多くの場合，製鉄，石油精製，醸造，薬品，飲料工業などの生産装置で，そのプロセスを制御するものです．

〈測定分類機〉

たとえば，物品の電気特性を測定するもの，重量，寸法を測定するものなど多様ですが，対象物を測定して，その結果によって分類作業をするものです．

以前は，電流計とか電圧計の指針の振れの大きさで，指針を接点として，ＯＮ．ＯＦＦを行なって分類信号とするメータリレーなどから，必要とする分類信号を得ていました．

また，検出した信号の変換は，差動変圧器などによるアナログ信号の大きさで行なっているものが多かったのです．

ところが最近では，たとえば電気特性の測定においては，一定の信号の大きさの測定条件を与えて，結果が良か否かで判別するディジタル方式のものが現れています．

〈シーケンス制御装置〉

たとえば，物流（Material Handling）において，定められた順序に従って物品を搬送する制御系は，従来リレー回路で組立てられていました．つまり，リレーのＯＮ，ＯＦＦのディジタル信号によって制御が行なわれています．

〈民生機器〉

電話装置，自動車，電車，時計などに，さらには電化製品（とくに機械的動きと併用される電気洗濯機や皿洗機など）には，意外な利用がなされている場合が多く，工業に利用された電子技術が導入されているものも少なくありません．

今後，これらの専用用途に，独自のエレクトロニクスの分野が形成される可能性もあります．

〈工作機械装置〉

特徴のあるものは，ＮＣ装置でしょう．ＮＣは，今後その分野を広め，単に工作機械への応用だけでなく，さまざまな分野に進出するでしょう．

現在すでに，自動製図機械などにも利用されています．さらには，あらゆる製造工業の製造ラインへ組込まれていくでしょう．

さて，こうした機器の中から，最も機械とエレクトロニクスが不可分に融合した代表例として，数値制御装置と自動測定分類機をあげて，第１巻より学んできたエレクトロニクスの機器や回路が，どのように応用されるかを，詳しく述べていくことにいたします．

4.1　数値制御（ＮＣ）

数値制御 (NUMERICAL CONTROL) ということばは，すでに聞きなれたことばと思います．実物を見られた人，使用された人も多いでしょう．

ＮＣ工作機械が，大変高価な装置にもかかわらず，このように広く普及してきたのは，企業合理化の流れの中で，電子計算機による事務合理化に引き続き機械加工の合理化を意図しているだけでなく，現実のものとなっている人手不足，とくに熟練者の不足と，急速な賃金の高騰のためであると考えられています．

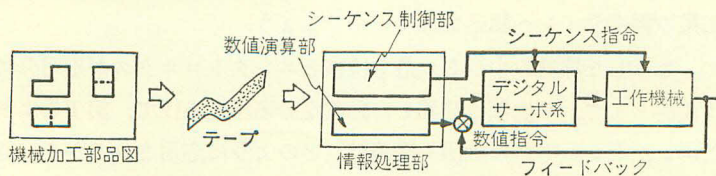
さて，このＮＣは，いままでに学んできた「機械技術者のためのエレクトロニクス」の各項目全搬を含んだ集大成された応用例と考えられるでしょう．

ＮＣに使われているエレクトロニクスの基本は，すでに各項目で説明してきました．ここでは，これらの基本の組合せとしてＮＣを考えてみることにいたします．

図2.67 をみてください，ＮＣ装置の情報の流れです．

従来であれば，作業者が機械加工部品図をみて，使用工具を選定し，切削速度，切削量，工具またはワークの移動量などの条件を決めて，工作機械の始動停止などを操作します．そして，もちろんこれには，何年もの経験と高度の熟練が必要となります．

さて，ＮＣ工作機械においては，通常の加工部品図から，寸法，切削速度，切削量など，加工に必要なすべての情報を，ある一定の規則に従った数値情報の順列に変換します．

図2.67　数値制御装置の情報の流れ

そして，この数値情報をテープにさん孔します．加工部品図の情報は，すべてこの指令テープの孔の数と位置に置きかえられて，記憶されます．

さて，数値制御装置の入力部は，この指令テープの情報を光学式読取り装置によって読取ります．ここで，光学式読取り装置とは，フォトセンサーでテープに孔があいているか否かを検出するものです．

読取られたテープ情報は，指令パルス列に変換され，さらに，情報処理部において，シーケンス指令とディジタルサーボ系への数値指令に読み分けられることになります．

ここで，シーケンス指令は，その各指令項目に該当する駆動部（たとえば，リレー，バルブ，ソレノイドなど）に与えられます．

また，数値指令は，ディジタルサーボ機構への入力として与えられます．

ところで，サーボ機構には，いろいろなものがありますが，一般的には，数値指令（ディジタル量）を，設定部が適当な電圧とか位相などのアナログ量に変換して，サーボ系の基準入力として与えます．

さて，位置検出部では，サーボモーターで送られる刃物の位置を検出して，これを比較部にフィードバックするわけです．

こうして，この基準入力とフィードバック入力を比較して生ずる差が，サーボ系内の動作信号となります．そこで，サーボ系は，この値が零になるまで動作を続けます．

かくして，このディジタルサーボ系の出力端が，テーブルや工具などを駆動することになります．

以上が，大雑把なＮＣ装置の説明ですが，それぞれの細部は，どのようになっているでしょうか．

ＮＣは，大別して次の二つに分けられます．

（ａ） 位置決め数値制御（Positioning Control）

（ｂ） 連続通路数値制御（Contouring Control）

ここで，（ａ）の位置決め数値制御は，工具の最後の位置を制御するもので工具の通路は問題としません．つまり，いかにしてある位置から次の位置へ工

具を早く正確に移動し，停止するか，ということだけを問題とします．

そうすると，これに該当するものとして，ボール盤による穴あけ作業をあげることができるでしょう．

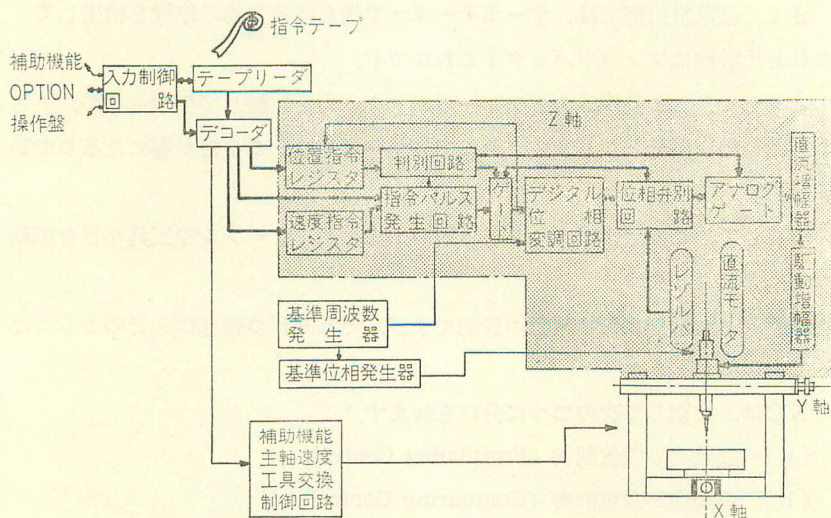
（b）の連続通路数値制御は，工具の通路を連続的に制御するものであり，その通路は，単に直線だけでなく，複雑な曲線もあります．したがって，位置決め制御よりも，プログラムを始め，コントロールすべてにわたってより複雑となります．

これは，たとえばフライス盤によるカム切削などの作業に利用されます．

さて，図2.68は，NCの内部回路のブロック図です．

これは，駆動を直流モータにより行ない，位置の検出は，レゾルバによって行なうクローズドループ方式です．

ブロックについては，わかりやすくするため軸についてのみ示し，他は省略しました．

図2.68　NCの内部ブロック図

それでは，各ブロックを追っていくことにしましょう．

まず，加工情報が盛られた指令テープの内容は，テープリーダに読みとられます．そして，入力制御回路により，位置指令，速度指令，補助機能指令などに振り分けられ，それぞれのレジスタに記憶されます．

ところで，入力制御回路は，テープリーダの誤読を防止する機能ももっています．

さて，位置指令レジスタに読込まれた数値は，つぎの判別回路によって，レゾルバよりの機械テーブルの移動速度信号と方向信号を判別して，アナログゲート回路をコントロールします．そうして，直流モーターを駆動することになります．

また，速度指令レジスタへの入力は，指令パルス発生器の繰返し周波数を制御します．

制御する，ということはすなわち，指令パルス発生回路は，ゲート回路を通してディジタル位相変調回路にパルスを与えるわけですが，そうするとディジタル位相変調器の出力電圧位相が変化して，レゾルバが停止していれば，位相がづれた分だけの電圧を，位相弁別回路の出力に発生させるということです．

そうすると，こんどはその出力が，アナログゲート，直流増幅器，駆動増幅器を通して，直流モーターを駆動することになります．

さて，こうして直流モーターが駆動されると，レゾルバは，位相弁別回路の出力電圧が零になる方向に回転して，ちょうど零になったとき，回転は停止します．

ここでは，第1話で述べたレゾルバが活躍しているわけですが，これによる位置検出をしないで，指令パルス数だけパルスモーターなどを駆動させる方式をオープンループ方式といっています．

ところで，すべての指令の発生源である指令テープは，どのような考えに基いて作られるのでしょうか，次に，従来の機械加工部品図から，指令テープを作成する順序について説明してみましょう．

紙テープの孔は，図2.69のようになっています．すなわち，テープの送り方

向に対して，送り用小孔を中心に，上に3，下に5つの計8単位の孔からなっています．

この孔は，送り方向の並びをチャンネル（トラック）と呼び8つの孔の並びを行（ライン）と呼びます．

図2.69　紙テープの構成

さて，このラインの孔のあき方の状態は，記号（＋－：………），数字（012………），文字（ABC………）を表わします．この孔の組合わせ方で，どのような記号，数字，文字を表わしているかの規則，つまり規約をコードと呼びます．通常は，ＥＩＡコードが用いられています．

こうして，記号，文字，数字を表わしたラインは，紙テープ上に順次集合して語（ワード）を形成します．たとえば，Y軸⊕方向に153mm移動せよ，という指令語はY＋153というふうになります．

このようにして，これらのワードを集合させて，一つの動作を指令するわけですが，この集合を，ブロックといいます．

プログラムを作成するに当っては，最初，プロセスシートに，ある一定の規約（フォーマット）にしたがって，ブロックごとに指令を書いていき，これにしたがって，さん孔機のキーをたたいて紙テープに穴あけを行ないます．

図2.70　プロセスシート例

F	N	CR	REMARKS
F0	Y3000	CR	早送り
	M1	CR	スピンドルON
F1	Z1000	CR	切込み
F2	X 500	CR	切削
	Y1500	CR	切削

（1ブロック）

図2.70は，プロセスシートの例です．

この図で，Fは送り速度指令Nは位置指令（XYZによって軸の指定，＋－で方向，数値で移動距離の指令をする）や，そ

の他の補助指令を意味します．

また，それぞれのブロックの終りには，キャリッジターン（ＣＲ）を記し，ブロックの終りを示します．さらに，プログラムの終りには，ストップコード（ＥＲ）を打ちます．

ところで，プログラムが複雑になるにしたがって，手計算では間にあわなくなってきますので，最近では，ＮＣ専用の一種の言語を使って，ＮＣに自動プログラミングさせるようになりつつあります．

以上，簡単にＮＣについて述べましたが，ＮＣといっても非常に多種多様です．実際の使用に当っては，多くのＮＣの特長を十分に理解して，もっとも有効な利用技術（ソフトウェアー）を開発しなければならないでしょう．

4.2　自動測定分類機

自動測定分類機は，測定対象部品のハンドリング（フィードからソーティングまで）を機械的に行ない，かつ部品の測定検査（テスティング）を電気的に行なうように，双方を結合するもので，装置全体からみれば，機械部分が主となっています．

自動測定分類機の例としては，部品寸法検査装置や，リードスイッチ，抵抗コンデンサー，半導体素子などの電気部品の検査装置などがあり，量産品を対象に，各方面で開発されています．

これらは，いわゆる自動化による人手の削減が主目的であるとともに，生産能率の向上，合理化が目的であり，各製造ラインとのスムーズな結合による完全無人化が理想であるわけです．

また，これらの部品の製造工程からみても，自動測定分類機による最終工程は，工程数も多く，いわばその部品の品質を左右するものとなるでしょう．

こうした装置の構成は，機械とエレクトロニクスの結合体といえるほど，双方が重要で，密接に関係しあっており，機械技術者がエレクトロニクスの知識を真に必要とされる好例かと思います．

ここでは，この装置の実例として，小型ダイオードの自動測定分類機につい

て説明してみることにしましょう.

■A　小型ダイオード自動測定分類機に要求されること

半導体素子の中でも，二つの電極構造からなるダイオードは，形状的に最も簡単で，他の半導体と比べてハンドリングが比較的容易と思われます.

しかし，小型ダイオードにみられるように，リード部分が曲りやすいこと，ガラス封止の部分が非常に小さいことなど，機械設計上むずかしい点も含まれています.

また，ここにとりあげた分類機は，電気的測定能力として，直流特性から高周波特性までを，同時に検査できるものなので，その測定部分のエレクトロニクス回路は，非常に複雑になっています.

ところで，一般に自動測定分類機などの自動化設備においては，その稼動率が極めて重要であり，装置製作に要する費用は相当な割合いを占めます.

したがって，完成後の装置に対する期待度は大きく，設計者としては，できるだけトラブルがないように，完全で確実な方法を選ぶようになるでしょう.

しかし，一方においては，以上の理由から装置に過大な要求がかけられ，とくに，電子部品のように電気的検査が多く必要とされるものには，必然的に装置が複雑となり，故障率が増加する原因となり注意を必要とします.

■B　機械部の機構

さて，各部の説明に移りましょう.

まず，図2.71は，装置の実物正面図で，機械部分と測定検査部分よりなり，ケーブルで電気的に結合されていることを示しています.

ここで，機械と電気の各装置を，一つの筐体に収容することも考えられるでしょう.

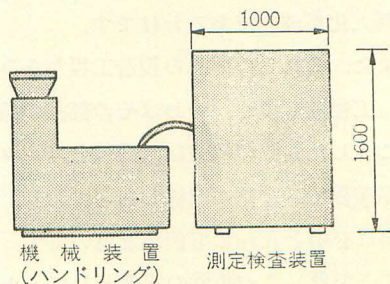
図2.71　装置の大きさ

さて，この装置のブロック図は，図2.72のようになります．

図2.72　構成ブロック図

図中パーツフィーダーは，ダイオードを整列させてソケットに供給する部分，テストヘッド（ソケット部）は，測定するための電極接触とその送り，ソーターは，区分された特性により分類する部分，制御部と機械部は，機械部の中のモーターなどを制御する制御装置と，その他の機械装置で，測定検査部は，ダイオード特性の測定検査を行なう装置です．

また，測定の対象になるダイオードの形状は，図2.73のようになります．

図2.73　測定対象のダイオード

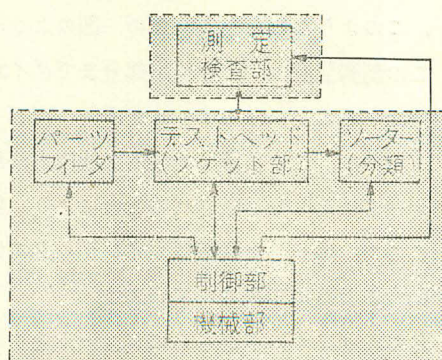
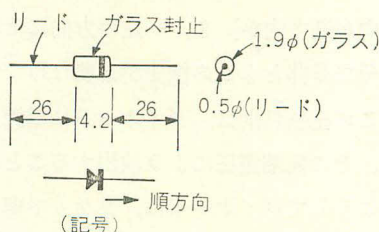
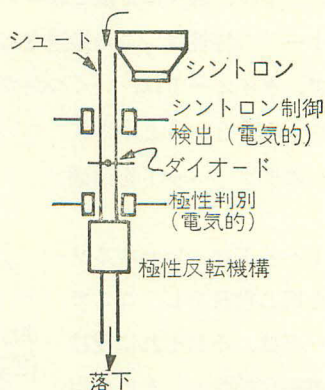
ブロック図に話を進めましょう．

まず，パーツフィーダーは，図2.74のようになります．

図2.74　パーツフィーダー部

この図で，ダイオードは最初シントロンに無差別に大量に投入され，シントロン内の振動によってふり分けられ，一列に整列してシュートに入ります．

ここで，シントロンは，いわゆる50Hz または 60Hz の電源周波数による固有振動を利用したものですが，この振動によりダイオードが劣化する，という心配はありません．

こうしてシュートに入ったダイオー

ドは，次々に重なって，やがてはシントロンの出口近くまで入ってしまいますが，このようなむだを省くため，図のように電気的な制御装置をつけます．

この制御装置は，その検出部分までダイオードが入ると，シントロンの励振が停止するようになっています．

一般には，この装置は光学的な検出方法が用いられます．すなわち，光がダイオードによりしゃ断されることにより，停止信号を出すわけです．

ここで，停止した励振は，インデックスに合せた一定の時間後に，自動的に始動するように工夫されています．

さて，ダイオードがさらにシュートをすぎると，極性判別装置と反転機構に入ります．

これは，パーツフィーダーからソケット部へと流れるダイオードの極性（順方向か逆方向か）を，一定の方向にそろえてやるためのもので，後の測定検査部分で是非ともこの機能が必要なのです．

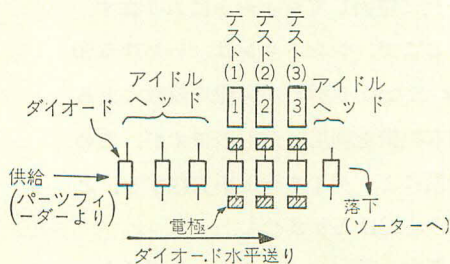
この極性判別は，ダイオードに電流を流し，順方向であるか逆方向であるかを，その両端電圧により検出することにより行ないます．

こうしてダイオードは，ソケット部へと送られます．図2.75は，そのテストヘッド（ソケット部）です．図のように，パーツフィーダーより垂直に落下したダイオードは，個々に分離されコンベアなどによって搬送されます．

ダイオードの特性は，この搬送される途中の部分で測定されるのです．

ここで，ダイオードは，いくつかのアイドルヘッド（遊び部分）をへて，図中にテスト1，2，3と示された，3つのテストヘッドを通過します．

テストヘッドは，いわゆるソケットと同じ役目をし，ここでダイオードは，それぞれに設けられた電極に接触し，その検出信号は，測定検出部へと送られ

図2.75　テストヘッド（ソケット部）

ます.

テストヘッドが3カ所あるのは，それぞれ異なった電気的試験を行なうもので，主として電気的な見地からこのような形態をとっているものです.

さて，測定検査を終了したダイオードは，アイドルヘッドをへて落下し，ソーターへ入ります.

図2.76に，ソーター（Sorter；分類機）の側面を示しました.

テストを終了したダイオードは，分類のため，テストヘッド部よりソーターシュートに投入されます.

ソーターシュートは，モーターに直結しており，図に示した方向に回転して，図2.77の，16個の分類受箱のいずれかの位置に停止します.

この方式は，ロータリーソーターと呼ばれていて，円周上に分類箱が配置されているのが特長です.

ここで，ソーターシュートは，電気的に分類された信号を受けて，機械的に分類箱上に停止するわけですが，その停止させる方法として，図2.78に示すような機構があります.

これは，モーターの主軸に，シュートのほかに，マグネット取付け棒と，マグネット（永久磁石）が取付けられ

図2.76　ソーター側面図

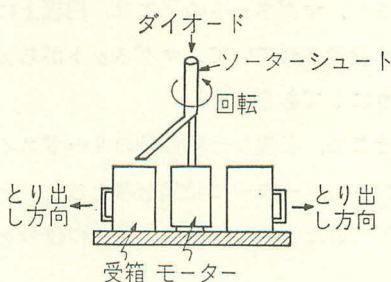



図2.77　ソーター上部見取図

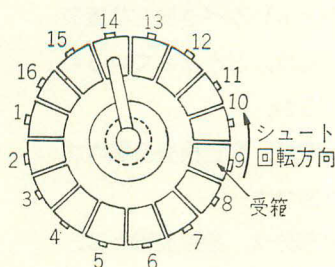
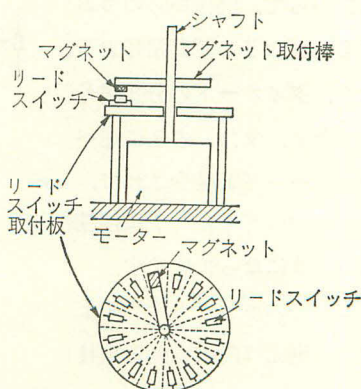



図2.78　ソーター停止位置検出機構

ていて，シュートと同時に回転させるものです．

さて，マグネットの下には，円板上に配置されたリードスイッチが，規則正しく設置されていて，マグネットがちょうど上部に接近すると，接点が閉じるようにしてあります．

そこで，必要な分類番号のリードスイッチにのみ電流を通ずるように工夫しておき，ソーターに始動を与えると，そのリードスイッチ上にマダネットが回転してきたときに，閉じて停止の信号を得ることができる，というわけです．

C　測定検査装置

ダイオードの測定分類機の中の頭脳ともいうべき測定検査装置の内部は，どうなっているのでしょうか．

図2.79が，測定検査装置のブロック図です．

この部分は，機械装置とは，ケーブルにより結合されています．

したがって，機械からのカムタイミングなどの制御信号を受けたり，ダイオードの分類信号を与えたり，また，さきに述べたテストヘッドと結合されて，テスト対象のダイオードに接続されるようになっています．

また，テストヘッドの2および3は，例えば高周波測定項目として，このケーブルによって

図2.79　測定検査装置のブロック図

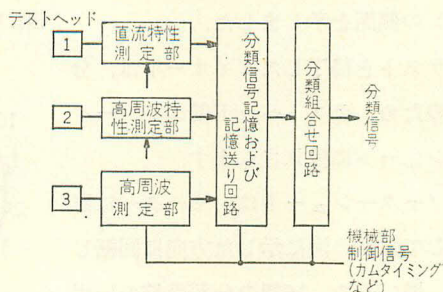
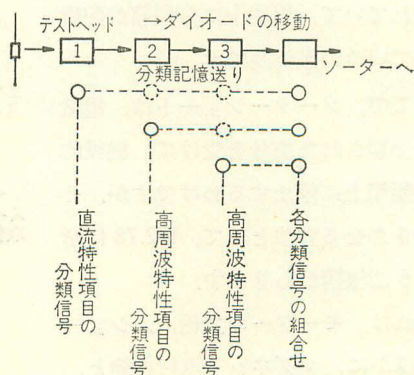



図2.80　分類信号の送りとくみ合せ

延長しても測定に異常がないように，重要な回路部分のみは，ダイオードに直結するように，テストヘッドに組み込まれています．

ところで，図2.79 に示したように，テストヘッドの各電極は，それぞれの測定部に結ばれて，それぞれの試験を行ない，その結果を指示するとともに，各項目での良，不良の分類を行ないます．

この各測定部での分類信号は，それぞれ最大36から4分類というように分類されますが，最後の選別される位置では，最終的に16個に組み合わされるようにしてあります．

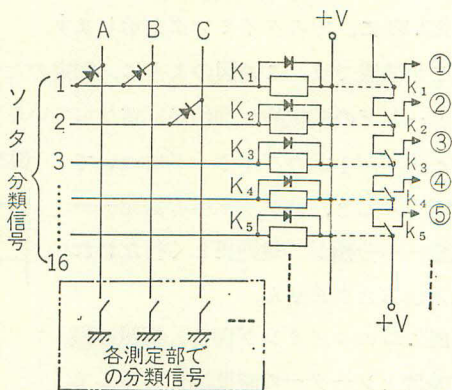
直流特性測定部，2つの高周波特性測定部の，合計3つの測定部からのそれぞれの分類信号は，1本のダイオードに限って考えてみると，テストヘッドを3回通過して，それぞれで試験されて，その結果が一つに組み合わさった，あるダイオードの測定結果として，ソーター投入まで，そのダイオードの移動に合せて送られていかなければなりません．

つまり，前頁図2.80 のように，1本のダイオードに関する検査結果は，テストヘッド1での結果が3回送り，2では2回，3では1回，こうして送り最後で一つにまとまり，組合せを行なうわけです．

ところで，この送りは，機械からのカムタイミングにより，その信号を受けて，電気的にフリップフロップを組合せた記憶送り回路を用いています．

さて，この分類組合せ回路の方法として，ここでは，図2.81 のような，ダイオードマトリックス回路を使っています．

この図で，縦方向は，測定部よりの分類信号とし，横方向はソーター分類信号とします．

図2.81　ダイオードマトリックス方式による分類組合せ法

ここで，ＡＢＣラインには，リレー接点があって，たとえばソーター分類１番に，ＡとＢの結果を集めたい，とするならば，ダイオードを図のように入れておきます．

そうすれば，Ａ，Ｂいずれかの信号がきたとき，つまりリレー接点が閉じたときに，K_1 が動作し，その接点により①の端子に十の電圧が現われます．

こうして，この電圧を利用して分類機構を作動させるわけです．

同様に，２番の分類のときは，②の端子に電圧が現れます．

このように，ダイオードを用いて行なう方法は，ダイオードマトリックス方式と呼びますが，これについては，第２巻で詳しくお話しました．

これは，実際には，マトリックスピンボードといわれる，プログラム装置を用いるわけですが，これによって，簡単に好みの分類をプログラムすることができます．

以上で，この装置の主要部分の概要が理解されたと思います．

ここで，再びこの装置全体を眺めて，本項のまとめとしようと思います．

このような自動機には，繰返し速度，つまりインデックスがどれだけ，ということがよくいわれますが，この装置の場合は，ほぼ1.5秒程度で，その間に測定，分類などすべての動作を終了します．

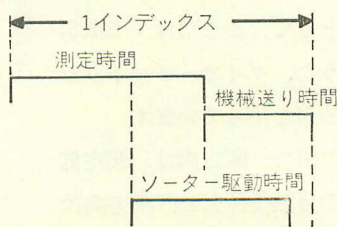
また，この装置の最もむずかしいポイントの一つにタイミングがあります．

図2.83 に，そのタイミングを示します．

この装置では，この図のように，測定のためのいわゆる電気的な動作と，ソーターなどの機械的な動作が，重なっているので，むずかしいわけです．

つまり，１本のダイオードについて考えてみると，ソケットへの供給──→測定──→分類が，規則正しく行なわれなければなりません．

図2.83のタイミング図は，機械の搬送時間とソーターの時間関係を示しています．

図2.83　タイミング図

タイミングは，装置の総合的な動作を決める，極めて重要な要素です．これが狂ってしまうと，測定検査部との結合が，まったくでたらめとなってしまいます．

一般には，このタイミング信号は，機械の駆動モーターに連動したカムにより，正確に位置が定められているのです．

またほかに，こうした機械とエレクトロニクスとの結合した装置において問題となる点は，機械的に行なうか，電気的に行なうかという微少な点での選択，故障した場合や，予想した動作をしないときの機械部と電気部とのいずれかの故障かという，原因の判断があります．

さらに，機械部と電気部との相互の干渉による誤動作，機械を優先させるか電気を優先させるかという問題，測定上の問題，機械および電気に精通した保守要員の問題など，設計上，また稼動後において，それぞれにむずかしい問題が発生するものと思います．

ここに示した実例は，一例であって，日進月歩をとげる今日には，必ずしも最善の方法ではあり得ません．いずれ，さらによい方法が生まれてくるものと思います．

さて，みなさんは，本書第1巻より着々と，機械のエレクトロニクスの基礎を積み重ねてこられました．

ここで，こうした応用例をみてみると，学んでいるときには断片的であった知識が，全体的な関連の中で位置づけ把えることができると思われます．

また，機械とエレクトロニクスは，まったく異なる分野でありながら，このような装置にみられるように，極めて密接であり得るのは，非常に興味のあることではありませんか．

本書を足がかりとして，こうした分野に積極的に進出し，多くの経験を積んでいただきたく思う次第です．

あとがき

昭和46年末，技術評論社より本書の構想について依頼を受け，浅学も顧みず執筆を開始して以来，私どもの拙筆により，とうとう本巻で，三巻を迎えてしまいました．

その間，日頃の業務の中から学んできたエレクトロニクスの分野も，その応用に到っては，いかに体系づけが難しく，また私どもの理解がいかに不十分であったかを痛感させられ，反省させられました．

エレクトロニクスの最新技術は，むろん，本書に記載した技術よりはるかに高度に進んでおり，機械技術者といえども，それらの高度な技術に直面することも多く，私どももさらに深く学んでいくつもりですが，読者の中からも，より高度の技術が創造されていくことを期待しつつ，一機械技術屋が学んだエレクトロニクスの技術を，私どものような機械技術者と分ちあいたい，という気持で執筆してきた積りです．

本書が，機械技術者の新しい分野になりつつあるエレクトロニクスへの，入門書になり，機械とエレクトロニクスの融合した装置が作られることがあるならば，望外の喜びです．

機械技術者として，未熟の分野であるエレクトロニクスについて，基礎から一応の応用分野まで，三年間をかけて，完成することができました．

その間，読者諸賢から，数々の御教示を受けました．今後も，不満足な項には，御指導を拝受したい，と願っています．

末尾ながら，三巻にわたり，監修いただいた，大泉淳氏，梶原正弘氏，大庭喜三氏に，深く感謝の意を表すとともに，ねばり強く叱咤激励して完成にこぎつけていただいた，編集部の方々の御好意に感謝いたします．

昭和49年9月

執筆者代表　川井　秀夫

索　　引

【あ】

【か】

【さ】

【た】

【な】

【は】

【ま】～【わ】

疑問にこたえる
機械のエレクトロニクス ③ ≪機械応用編≫

昭和49年9月20日　初版第1刷発行
昭和54年5月15日　第7刷発行

著者　東芝自動化推進グループ
（代表　川井秀夫）
発行者　片岡巌
発行所　株式会社　技術評論社
東京都千代田区平河町1-4-12
TEL　03（262）9351
振替口座　東京　0-76098
印刷　新製社印刷
製本　長谷川製本
（定価はカバーに表示してあります）

疑問にこたえる

機械のエレクトロニクス ③

機械応用編

東芝自動化推進グループ
川井秀夫
石野宏
林保
塩野入好夫
深沢義人

技術評論社

¥1500